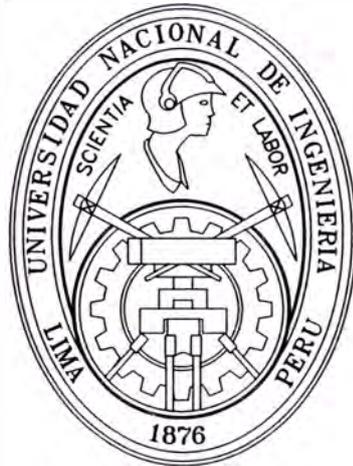


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE  
REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR  
PARA EL CONGELAMIENTO Y EXPORTACIÓN  
DE POTA AL MERCADO ASIÁTICO”**

**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL  
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**JOSÉ ALBERTO LESCOANO DÍAZ**

**PROMOCIÓN 1981-I**

**LIMA-PERÚ**

**2008**

**Dedico este trabajo a:**

***A mi padre por su ejemplo profesional, a mi madre, esposa y a mis hijos María Denisse y Alejandro, de quienes tuve que sacrificar algo del tiempo que paso con ellos para poder realizar este informe pero que sin su apoyo y comprensión no lo hubiera logrado.***

**DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR  
COMPRESIÓN DE VAPOR PARA EL CONGELAMIENTO Y EXPORTACION DE  
POTA AL MERCADO ASIÁTICO**

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>PROLOGO</b>	1
<b>Capítulo 1</b>	
<b>INTRODUCCION</b>	3
<b>Capítulo 2</b>	
<b>CADENA PRODUCTIVA DE LA POTA</b>	
2.1. Características del Calamar Gigante o Pota.	5
2.2. Principales procesos de la Pota.	6
2.3. La Pota en los mercados internacionales.	7
2.4. Descripción de la planta.	8
<b>Capítulo 3</b>	
<b>FUNDAMENTOS TEORICOS DE REFRIGERACION</b>	
3.1. Sistema de compresión del vapor.	10
3.2. Principales componentes.	12
3.3. Métodos de congelación.	24
3.4. La cadena de frío en la industria pesquera.	28
3.5. Paneles isotérmicos aislados con poliuretano.	29
3.6. Proceso de congelación.	31
3.7. Almacenamiento de productos congelados.	32

## **Capítulo 4**

### **CÁLCULO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE REFRIGERACION**

4.1. Consideraciones para el diseño.	34
4.1.1 Consideraciones generales.	34
4.1.2 Consideraciones para el diseño de túneles.	34
4.1.3 Consideraciones para el diseño de cámara.	35
4.2. Cálculo y dimensionamiento de los túneles y cámara.	35
4.2.1. Dimensionamiento de los túneles y cámara.	35
4.2.2. Espesor de aislamiento para las paredes y techos.	40
4.2.3. Espesor de aislamiento para los pisos.	42
4.3. Cálculos de la carga de refrigeración.	44
4.3.1. Componentes de la carga térmica.	44
4.3.2. Determinación de la carga de refrigeración.	54
4.4. Selección del tipo de refrigerante.	54
4.5. Selección de los equipos de refrigeración.	58
4.6. Sistema eléctrico.	61

## **Capítulo 5**

### **TUBERIAS Y ACCESORIOS**

5.1. Dimensionamiento de las tuberías de refrigeración.	64
5.2. Selección de las válvulas de expansión.	67
5.3. Accesorios del sistema.	69

## **Capítulo 6**

### **INSTALACION Y OPERACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACION**

6.1 Instalación de paneles.	71
6.2 Aislamiento de pisos.	74

6.3 Instalación de las unidades condensadoras y evaporadoras.	76
6.4 Instalación de las tuberías de refrigeración.	77
6.5 Presurizado, vacío y carga del sistema.	78
6.6 Configuración del controlador de temperatura.	80
6.7 Recomendaciones antes del arranque.	80
6.8 Pruebas y regulaciones.	81
6.9 Programa de mantenimiento.	82

## **Capítulo 7**

### **Estructura de costos del Proyecto**

7.1. Costo de equipos y accesorios del sistema de refrigeración.	86
7.1.1. Costo de los equipos de refrigeración.	87
7.1.2. Costo de tuberías accesorios y aislamiento.	87
7.1.3. Costo de paneles y planchas de poliuretano.	88
7.1.4. Costo de accesorios para túneles y cámara.	88
7.1.5. Costo de materiales eléctricos.	88
7.2. Costo de Instalación y puesta en marcha.	89
7.2.1. Costo de instalación y puesta en marcha de los equipos.	90
7.2.2. Costo por el armado de túneles y cámara.	90

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>92</b>
---------------------	-----------

<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>94</b>
---------------------	-----------

## **APENDICE A**

### **TABLAS**

**APENDICE B**

**FIGURAS**

**PLANOS**

## PROLOGO

El calamar gigante o pota dentro de los nuevos productos hidrobiológicos para la exportación emergió como el nuevo boom de procesamiento y exportación pesquera principalmente el mercado asiático.

Consideramos importante mencionar los aspectos teóricos que nos sirven como base para el cálculo, diseño e instalación de un sistema de refrigeración que nos permita congelar y almacenar pota como parte de la cadena de frío, antes de su exportación al mercado asiático. La planta se encuentra ubicada en la ciudad de Piura, nuestros cálculos se basan en los requerimientos proporcionados por el cliente tales como la cantidad de pota procesada que desea congelar por día, el espacio disponible, condiciones ambientales, temperaturas de ingreso del producto a los túneles, temperatura final del producto y tiempo de congelación.

Procederemos a calcular la carga térmica de cada uno de los sistemas con lo cual podremos seleccionar los equipos y accesorios necesarios, dimensionaremos los diámetros de tuberías de cobre.

El presente informe consta de 7 capítulos que detallamos a continuación:

El capítulo 1 es una introducción donde se hace mención a la necesidad de diseñar un sistema de refrigeración para la exportación de Pota debido a la demanda en el mercado asiático.

En el capítulo 2 mencionamos las características del Calamar Gigante o Pota, los principales procesos de la Pota, su demanda en los mercados internacionales.

En el capítulo 3 describimos los fundamentos teóricos para el diseño e instalación de un sistema de refrigeración para el congelamiento y posterior almacenamiento de la Pota.

El capítulo 4 muestra la metodología seguida para el cálculo y diseño del sistema de refrigeración, donde se incluye el dimensionamiento de los túneles y cámara, el cálculo de la carga de refrigeración, selección del refrigerante y selección de los equipos.

El capítulo 5 se hace mención a la selección de tuberías y accesorios utilizados en el sistema de refrigeración.

El capítulo 6 se refiere a la instalación y operación del sistema de refrigeración, se indica la secuencia del montaje de los paneles así como las recomendaciones para la instalación de las unidades evaporadoras y unidades condensadoras.

En el capítulo 7 se muestra la estructura de costos que incluye el costo de los equipos y accesorios del sistema de refrigeración así como el costo de la mano de obra por la instalación y puesta en marcha.

# **CAPITULO 1**

## **INTRODUCCION**

El calamar gigante o pota emergió como el nuevo boom de procesamiento y exportación pesquera, su captura para el mercado nacional se realiza por las embarcaciones artesanales que trabajan en la costa peruana, las cuales según calculan los especialistas pesqueros venden en este mercado entre 15% y 20% de los desembarques totales toda vez que el resto de su producción la canalizan a procesadoras y empresas diversas cuyo mercado es el externo principalmente el asiático, donde la pota siempre ha constituido materia prima para elaborar diversos productos, los coreanos por ejemplo básicamente procesan el calamar gigante hasta lograr una especie de seco / salado / sazonado en hilachas.

Para que el producto llegue en óptimas condiciones a su destino final, es necesario que no se rompa la cadena de frío la cual juega un rol fundamental para que quien se encuentre a millas de distancia pueda seguir disfrutando de su sabor natural. Debemos pues calcular, diseñar e instalar un sistema de refrigeración que nos permita congelar y almacenar calamar gigante o pota, como parte de la cadena de frío logrando de esta manera las condiciones de temperatura adecuadas en el producto para su exportación al mercado asiático. Es necesario congelar el producto si se quiere mantener en buenas condiciones por varios meses, la congelación ideal se logra al bajar la temperatura en el centro o núcleo de la carne

hasta  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , para lo cual es necesario mantenerlo en túneles de congelación por algunas horas a temperaturas de  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  o menos.

Resulta interesante el desarrollo experimentado por la refrigeración industrial en el sector pesquero, el cual ha sido promovido principalmente por el diseño y utilización de nuevos mercados de exportación, hoy en día los sistemas de refrigeración además de cumplir el objetivo de congelamiento y/o preservación de productos deben ofrecer alternativas eficientes y económicas desde el punto de vista operacional, que permitan a los usuarios lograr adecuados costos de producción para participar en un mercado global muy competitivo. Las variadas formas de hacer llegar el recurso a nuestras mesas a lo largo de estos años han ido mejorando gracias a los cambios tecnológicos que se fueron implementando en los procesos. Algunas empresas empezaron a implementar sistemas RSW (Refrigerated Sea Water) en sus embarcaciones con la finalidad de llegar a puerto con pescado que se mantuviera en las mejores condiciones de frescura. Paralelo a ello, se inicia un importante desarrollo en la industria del congelado de pescado, que comienza a demandar nuevas plantas de procesamiento con túneles de congelamiento estáticos, congeladores de placas y cámaras de almacenamiento, a lo que comenzaron a sumarse efectos climatológicos como el fenómeno de El Niño que perjudicaron los mercados internos y los orientaron hacia la búsqueda de nuevos productos hidrobiológicos para la exportación. Un cambio que trajo consigo la modernización de las plantas de procesamiento y nuevos diseños de sistemas de refrigeración, es decir más eficientes y con mayor capacidad.

## **CAPITULO 2**

### **CADENA PRODUCTIVA DE LA POTA**

Siendo el Calamar gigante o Pota un recurso pesquero que por su abundancia actualmente se mantiene barato, es rico en proteínas y técnicamente apta para diversos procesos, se ha dado pie a investigaciones sobre diferentes tecnologías a las que se podía someterse el recurso dándole diferentes niveles de valor agregado para su comercialización. El caso del Calamar es ciertamente peculiar ya que no obstante que es un producto de bajo precio y de alto valor nutricional, el consumo nacional es bastante bajo, las operaciones comerciales son en su mayoría hechas por empresas extranjeras instaladas en nuestro país.

#### **2.1. Características del Calamar Gigante o Pota**

El nombre científico de la Pota es *Dosidicus Gigas* conocido también como Calamar Gigante, Jibia o Calamar volador geográficamente se distribuye desde baja California hasta Valparaíso Chile, en el Perú se encuentra principalmente en Tumbes, Talara y Paita.

Dentro de su composición nutricional tenemos: humedad 81.1%, grasa 1.1%, proteína 16%, sales Minerales 1.7%, calorías (100g) 101 %. La Pota esta compuesto principalmente por el cuerpo (49.5%), aleta (13.5%), tentáculos (21.5%) y vísceras (15.5%). El peso varía entre 800g a 2,000g, teniendo una densidad como producto entero de 850 Kg. / m<sup>3</sup>.

## **2.2.Principales Procesos de la Pota**

Luego de su recepción la pota pasa a la sala de proceso donde se limpia, corta y clasifica de acuerdo a su talla-peso de cada filete, los procesos a los que son sometidas la pota luego de su clasificación son:

**FRESCO – CONGELADO:** El producto limpio se embolsa, coloca en unas bandejas, es pesado, luego ingresa a los túneles de congelamiento a una temperatura aproximada de 20 °C donde es congelado hasta alcanzar una temperatura de -18 °C en el centro del producto, finalmente se empaca y almacena en unas cámaras a -20 °C.

**COCIDO – CONGELADO:** El producto pasa hacia la zona de cocina donde es sometida a un baño de vapor y agua aproximadamente a 115 °C el tiempo de cocción del producto varía de acuerdo a su talla, luego es enfriada bruscamente en un baño de agua helada con sal para luego mantenerla en reposo en unas tinas aproximadamente 4 horas, se embolsa , coloca en unas bandejas, se pesa, ingresa a los túneles de congelamiento a una temperatura aproximada de 16 °C donde es congelado hasta alcanzar una temperatura de – 18 °C en el centro del producto, finalmente se empaca y es almacenado en unas cámaras a – 20 °C.

**SECADO:** El producto cocido luego de reposar 4 horas es llevado a los túneles de secado donde es sometido a corrientes de aire caliente a una temperatura de 45°C, el tiempo de secado es a razón de 7 toneladas en 14 horas, siendo la humedad final del producto 20 a 25%, luego ingresa al túnel de congelamiento a

una temperatura ambiente donde se congela hasta alcanzar una temperatura -18 °C, finalmente se empaca y almacena en una cámara a -20 °C.

### **2.3.La Pota en los Mercados Internacionales**

De acuerdo a la información sobre el comercio de productos pesqueros, los cefalópodos, después del camarón se han ubicado en el tercer grupo de mayor importancia comercial a escala internacional. A este respecto, se ha identificado a Japón como el principal consumidor de cefalópodos en el ámbito mundial, absorbiendo el 31% de la producción total; siguiéndole otros países asiáticos como Corea, Taiwán, Hong Kong, con el 30% y algunos países del mediterráneo entre los que destacan Italia, Francia, y Grecia, que junto con España, Portugal y Alemania absorbe el 15% de la producción mundial. Es importante hacer algunas aclaraciones respecto al mercado internacional del calamar gigante o pota ya que es un mercado próspero y con buenas perspectivas de mejora a futuro, para el caso de la industria peruana debemos tomar en cuenta que una proporción significativa de la producción total es destinada a la exportación y que el mercado internacional está regido principalmente por los asiáticos, con industrias establecidas principalmente en el Perú y México. En el mercado asiático el calamar gigante siempre ha constituido materia prima para elaborar diversos productos, en Corea la pota es un producto altamente demandado en diferentes presentaciones tales como el calamar fresco o refrigerado, congelado, sazonado y seco.

## **2.4.Descripción de la Planta**

Con la última ampliación efectuada, la planta durante la temporada alta trabaja las 24 horas al día llegando a procesar aproximadamente 150Ton de pota por día entre fresca, cocida y seca, la componen las siguientes zonas:

### **Recepción**

En esta zona, la pota es descargada de los camiones frigoríficos en bandejas con hielo a una temperatura promedio de 5 °C.

### **Sala de Procesos**

Luego de su recepción la pota pasa a la sala de proceso para su limpieza, fileteado y clasificación. La clasificada como fresca-congelada se embolsa, luego se coloca en bandejas quedando listas para ingresar al túnel de congelamiento. La clasificada como cocida-congelada pasa a la zona de las cocinas donde como se mencionó anteriormente es sometida a un baño de agua con vapor y enfriada en una tina de agua helada con sal, luego del cual es puesta en unas tinajas para su reposo, finalmente se embolsa, se coloca en bandejas quedando listas para ingresar al túnel de congelamiento. Parte de las que fueron sometidas al proceso de cocido pasan a los túneles de secado antes de ingresar a los túneles de congelamiento.

### **Túneles de Congelación**

Las bandejas apiladas sobre parihuelas son llevadas hacia los túneles, durante el proceso de carga las bandejas deben acomodarse de tal forma que permitan una circulación de aire uniforme. La temperatura de ingreso del producto a los túneles depende del proceso a que fue sometido, cada túnel tiene una capacidad para congelar 5 Ton de producto en 12 horas. En dichos túneles la

temperatura que alcanza el producto es de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Cumplida las 12 horas de congelamiento se ingresa a los túneles para realizar un muestreo de temperatura en el centro del producto y determinar si alcanzó la temperatura deseada.

### **Sala de Empaque**

Luego del proceso de congelamiento el producto es trasladado a la sala de empaque donde es colocado en cajas, la temperatura interior es de  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Posterior a este proceso se procede con el almacenamiento del producto.

### **Cámaras de Almacenamiento**

El producto empaquetado es colocado en parihuelas y depositado en los almacenes frigoríficos para su posterior despacho. La temperatura interior en los almacenes es de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### **Sala de Despacho**

Finalmente el despacho de los productos se efectúa en salas acondicionadas a  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

En la tabla 2.1 Apéndice A se muestra las temperaturas ambientales y del producto en los diferentes recintos de la planta.

## **CAPITULO 3**

### **FUNDAMENTOS TEORICOS DE REFRIGERACION**

La refrigeración es todo proceso mediante el cual se extrae calor de una sustancia como los alimentos, agua, aire etc. Se dice entonces que se está enfriando porque disminuye su temperatura y al calor extraído se llama CALOR SENSIBLE. Ocurre también que cuando se continúa enfriando llega un momento que la temperatura no cambia a pesar de que se está extrayendo calor, pero se observa que la sustancia se está congelando para el caso de líquido o condensando para el caso del vapor o gas, a este calor se le llama CALOR LATENTE. La velocidad a la cual debe ser el calor eliminado de un espacio o material refrigerado a fin de producir y mantener las condiciones deseadas de temperatura se le llama la carga de refrigeración, la carga de enfriamiento o la carga térmica. En cualquier proceso de refrigeración, la sustancia empleada para absorber calor o agente de enfriamiento se le llama refrigerante.

#### **3.1 Sistema de Compresión del Vapor**

En la gran mayoría de las aplicaciones el sistema de compresión de vapor se usa para el proceso de refrigeración. Existen dos presiones en el sistema de compresión: la de evaporación o baja presión y la de condensación o alta presión, el refrigerante actúa como medio de transporte para mover el calor del evaporador al condensador donde es despedido a la atmósfera para el caso de sistemas enfriados por aire o al agua de enfriamiento para casos de sistemas

enfriados por agua. Los procesos correspondientes al ciclo de refrigeración por compresión de vapor son:

- a. Proceso de compresión, el refrigerante sale del evaporador a baja presión y es comprimido en un compresor hasta la presión del condensador.
- b. El refrigerante en la condición de vapor sobrecalentado ingresa al condensador donde es enfriado produciéndose el cambio de fase de vapor a líquido o condensación cediendo para nuestro caso a la atmósfera el calor absorbido por el refrigerante en el evaporador y el calor producido en el proceso mismo de compresión.
- c. Proceso de expansión del líquido refrigerante, a través de un dispositivo de expansión desde la presión de condensación hasta la presión de evaporación, obteniendo así baja temperatura en el refrigerante.
- d. Proceso de evaporación, luego de la expansión el refrigerante a baja presión ingresa al evaporador como una mezcla, absorbiendo el calor del medio a refrigerar produciéndose de esta manera la evaporación del refrigerante.

El ciclo real de compresión de vapor no es exactamente igual al ciclo Standard, las diferencias esenciales están en las caídas de presión en el condensador y en el evaporador, en el subenfriamiento del líquido a la salida del condensador y en el recalentamiento de vapor a la salida del evaporador. El ciclo Standard supone que no existe ninguna caída de presión en el condensador ni en el evaporador y que el refrigerante sale tanto del condensador como del evaporador en condición saturada. A causa de la fricción sin embargo la presión del refrigerante cae en el ciclo real. El resultado de esta caída de presión es que el proceso de compresión requiere más trabajo en el ciclo real. El subenfriamiento de líquido en el condensador es un hecho normal cuyo objeto

es tener la seguridad de que un cien por ciento de líquido entra en la válvula de expansión. El recalentamiento del vapor ocurre normalmente en el evaporador, y está recomendado como precaución contra el retomo de líquido al compresor. Otra diferencia entre el ciclo real y el Standard es que la compresión no es isoentrópica, hay una pérdida de rendimiento debido a la fricción y a las restantes pérdidas.

### **3.2 Principales componentes**

Los componentes básicos de un sistema de refrigeración por compresión de vapor son 4:

#### **1.- El Compresor**

Su función principal es producir el calentamiento del vapor o gas refrigerante que viene frío del evaporador para que se pueda transferir al exterior el calor ganado en el evaporador, este calentamiento se produce como consecuencia de la compresión o aumento de la presión que sufre el refrigerante, otra función del compresor es mantener en circulación al refrigerante a través de todo el circuito del sistema. Existen hasta cinco tipos básicos de compresores: reciprocantes, rotativos, scroll, de tomillo y centrífugos.

El compresor reciprocante es el tipo más usado, siendo utilizado en la mayoría de las aplicaciones domésticas, comerciales e industriales, este tipo de compresor puede clasificarse de acuerdo a su construcción como hermético, semihermético y abierto. El compresor reciprocante es una bomba de desplazamiento positivo, resulta apropiado para volúmenes de desplazamiento reducido y es muy eficaz a presiones de condensación

elevada y en altas relaciones de compresión. Otras de las ventajas son su adaptabilidad a diferentes refrigerantes, la facilidad con que permite el desplazamiento de líquido a través de tuberías dada la elevada presión creada por el compresor, durabilidad, la sencillez de su diseño y costo relativamente bajo.

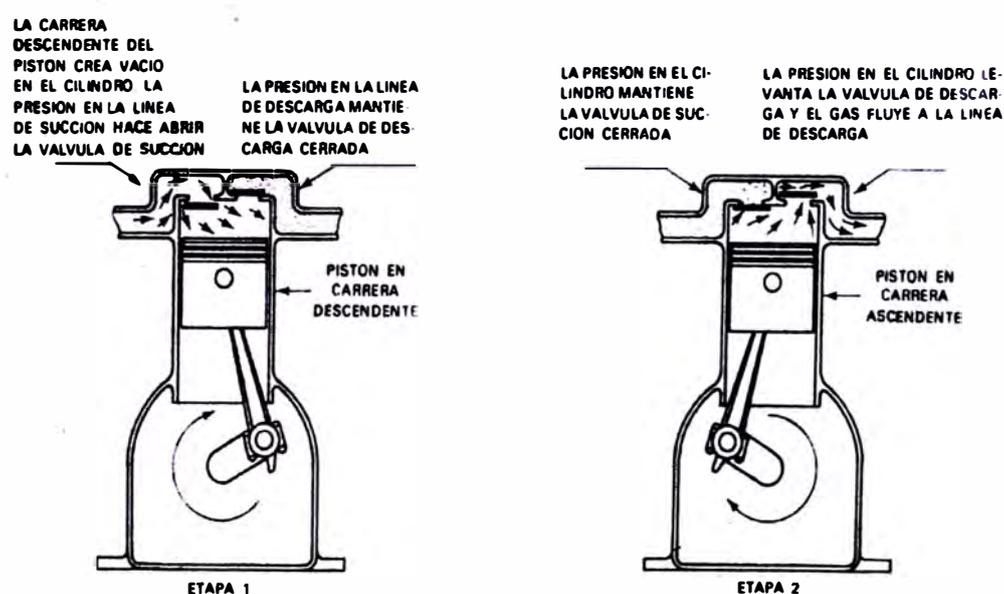


Fig. 3.1 Compresor recíprocante

Los compresores rotativos son clasificados así a causa de que ellos operan a través de la aplicación de una rotación o movimiento circular en vez de la operación alternativa descrita en los compresores recíprocantes. Está formado por una excéntrica que va rodando dentro de una cavidad de manera que va aspirando y comprimiendo gas a la vez. Tiene la misma apariencia que un compresor hermético alternativo pero a diferencia de este el rotativo es más pequeño y menos ruidoso, otra diferencia es que la presión de alta se descarga dentro de la carcasa por lo tanto está muy caliente, tienen más rendimiento que los alternativos al carecer de tantas

partes móviles, se usan casi exclusivamente en aire acondicionado y es necesario que lleven una botella de aspiración.

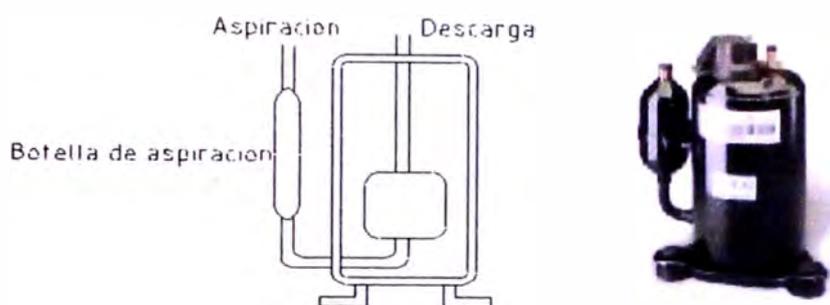


Fig. 3.2 Compresor rotativo

Los compresores Scroll basan su funcionamiento en la interacción de una espiral fija con otra móvil, La espiral móvil va formando bolsillos de gas que se desplazan hacia el centro, haciéndose cada vez más chicos, esta disminución del volumen es la que genera el efecto de compresión. La descarga se efectúa por el centro, una vez completado el ciclo, el gas de la succión ingresa lateralmente a la carcasa del compresor, por debajo del set de Scrolls, cambia de dirección y pierde velocidad al ingresar, por lo que el aceite acarreado por los gases es devuelto por gravedad al depósito en la parte inferior. Después de ser comprimidos por los Scrolls, los gases pasan a una cámara de alta presión, para salir luego del cuerpo del compresor a través de una válvula anti-retorno. Entre las ventajas de los compresores scroll tenemos bajo nivel sonoro y vibración, mayor tolerancia al líquido y residuos, eficiencia volumétrica del 100%, no existe posibilidad de pérdidas por las válvulas ya que un scroll no las posee. Los compresores scroll son utilizados tanto en aire acondicionado como en refrigeración.

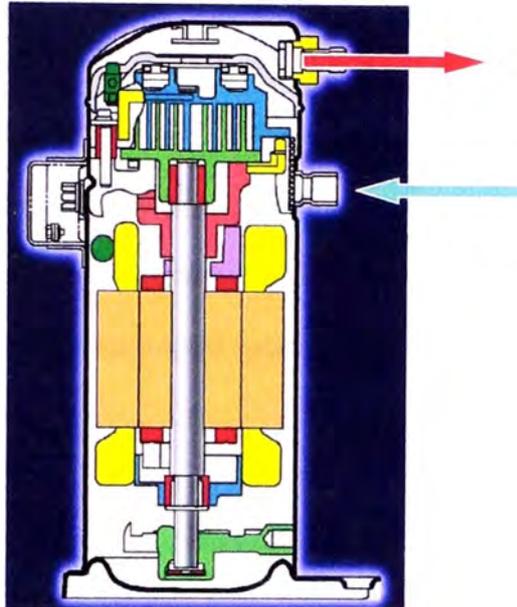


Fig. 3.3 Compresor scroll

El compresor de tornillo es un compresor de desplazamiento positivo en el cual la compresión se obtiene por el engranamiento de dos rotores ranurados helicoidalmente y colocados dentro de una cubierta cilíndrica equipada con lumbreras de entrada y de descarga. El rotor principal que es el motriz, consiste de una serie de lóbulos (por lo regular 4) a lo largo de la longitud del rotor el cual se engrana con el rotor impulsado, similarmente formado por estrías helicoidales (por lo general 6). A medida que giran los rotores, el gas es lanzado hacia la abertura de entrada llenándose el espacio entre el lóbulo del rotor motriz y la estría en el rotor impulsado. A medida que giran los rotores, el gas es movido pasando por la lumbrera de succión y sellando el espacio entre los lóbulos, el gas así atrapado entre los lóbulos es movido axial y radialmente y es comprimido por la reducción directa del volumen a medida que el engranamiento de los lóbulos del compresor reducen progresivamente el espacio ocupado por el gas,

continúa la compresión del gas hasta que el espacio entre los lóbulos se comunica con las lumbreras de descarga en el cilindro y el gas comprimido sale del cilindro a través de dichas lumbreras. Su uso es muy común en instalaciones industriales, pueden emplearse con todos los refrigerantes comunes y tiene una eficiencia alta para un rango muy amplio de relaciones de compresión. Una de las características más importantes del compresor a tornillo es su control de la capacidad reduciendo de esta manera el consumo de corriente.



Figura 3.4 Compresor de tornillo

El principio de operación de un compresor centrífugo es similar a los ventiladores o bombas centrífugas. El vapor a baja presión y velocidad proveniente de la tubería de succión es pasado por el centro del rodete impulsor a lo largo de la dirección del eje del rotor. Dentro del rodete el vapor es forzado radialmente hacia afuera entre los álabes del impulsor por la acción de la fuerza centrífuga desarrollada en la salida de los álabes hacia la carcasa del compresor, habiendo el vapor adquirido un aumento en la temperatura y presión. Los compresores centrífugos son máquinas de gran capacidad y pueden ser de una o múltiples etapas.

## 2.- El Condensador

El condensador es un intercambiador de calor en donde el calor absorbido por el refrigerante durante el proceso de evaporación es cedido a la atmósfera o agua según sea el tipo de condensador descendiendo su temperatura al punto de saturación y posteriormente se condensa el vapor convirtiéndose en líquido. El calor cedido por el condensador es siempre mayor que el calor absorbido durante el proceso de evaporación debido al calor de compresión.

Es el condensador más comúnmente usado es el enfriado por aire, la transferencia de calor con el aire ambiente puede ser de manera natural para unidades pequeñas o de manera forzada soplando aire por el serpentín con aletas para que el refrigerante se condense dentro de los tubos.



Figura 3.5 Condensador enfriado por aire

Los condensadores enfriados por aire son fáciles de instalar, baratos de mantener, no necesita agua y no existen los peligros de formación de incrustaciones corrosión o congelación, sin embargo es necesario un suministro adecuado de aire fresco y en grandes instalaciones puede crear

problemas de ruido. Bajo condiciones normales de trabajo la diferencia de temperatura del refrigerante condensado y la del aire que entra al condensador puede ser de 17 °C a 22 °C con temperaturas de succión media-alta, mientras que para bajas temperaturas de evaporación la diferencia de temperatura no es superior de 3 °C. Algunos condensadores remotos enfriados por aire, equipados con ventiladores múltiples, tienen controles para el ciclaje de uno o más ventiladores durante el periodo de temperaturas de ambiente altas y bajas. El flujo de aire controlado a través del condensador permite mantener estable la temperatura y presión en el condensador y con esto hacer más eficaz el funcionamiento del sistema.

Cuando se encuentra disponible agua de condensación adecuada a bajo costo, son preferibles los condensadores enfriados por agua dado que tienen presiones de condensación más bajas y es posible un mejor control de la presión de descarga, los condensadores enfriados por agua pueden ser muy compactos por las características de transferencia de calor que posee el agua. Se clasifican en: carcasa y tubo; carcasa y serpentín y de doble tubo o de tubo en tubo. El condensador enfriado por agua de carcasa y tubo consiste en una carcasa de acero, cilíndrica, que contiene varios tubos de cobre paralelos dentro de la carcasa. El agua se bombea a través de los tubos por medio de las conexiones exterior e interior en las placas de tubo. El vapor refrigerante caliente entra a la carcasa en la parte superior del condensador entrando en contacto con los tubos de cobre por donde circula el agua. El refrigerante a alta temperatura comienza entonces a ceder calor al agua y comienza su proceso de cambio de fase. Si en vez de un número de tubos dentro de la carcasa del condensador hay uno o más serpentines

continuos a través de los cuales el agua fluye para remover calor del vapor refrigerante, se clasifica como un condensador de carcasa y serpentín.

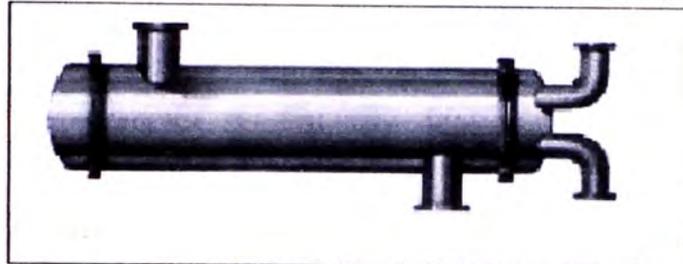


Fig. 3.6 Carcaza de condensador

La temperatura de condensación de las unidades enfriadas por agua es determinada por la temperatura del suministro de agua y por el flujo de agua disponible pudiendo variar de 32 °C a 40 °C.

Los Condensadores de Evaporación se utilizan frecuentemente cuando se desean temperaturas de condensación inferiores a las que pueden obtenerse con condensadores enfriados por aire y en donde el suministro de agua no es adecuado para una intensa utilización. El vapor de refrigerante caliente fluye a través de tuberías dentro de una cámara con rociadores de agua en donde es enfriado mediante la evaporación del agua que entra en contacto con los tubos de refrigerante. El agua que se expone al flujo del aire en una cámara con rociadores se evaporará rápidamente.

### 3.- Dispositivos de Expansión

Se conocen con este nombre a los componentes de un sistema frigorífico que cumplen las funciones de producir y mantener una diferencia de presiones entre el condensador y el evaporador, regular el paso de

refrigerante líquido hacia el evaporador en proporción necesaria para compensar la cantidad evaporada como consecuencia del efecto de refrigerar. Los principales dispositivos de expansión son: válvula de expansión automática, válvula de expansión termostática, tubo capilar y válvula de flotador. Existe también un dispositivo de expansión manual, muy usados en la refrigeración industrial.

### **Válvula de Expansión Termostática**

Debido a su alta eficiencia y a lo fácil de adaptarse a cualquier tipo de aplicaciones de refrigeración, la válvula de expansión termostática, es probablemente la que más se usa en la actualidad para el control del flujo de refrigerante. Su habilidad para proporcionar un amplio y efectivo uso de la superficie del evaporador bajo todas las condiciones de carga, la válvula de expansión termostática es prácticamente adecuada para el control de refrigerante en sistemas que están sujetos a grandes variaciones de carga. Sus componentes principales son: una aguja y asiento, fuelle o diafragma de presión, un bulbo remoto cargado con cierto fluido el cual está abierto en el lado del fuelle o diafragma a través de un tubo capilar y un resorte, cuya tensión es ajustada por un tornillo de ajuste. Normalmente un filtro va ubicado en la entrada de líquido a la válvula para evitar la entrada de material extraño que perjudique el buen funcionamiento de la válvula. Un bulbo sensor está conectado a la válvula de expansión termostática a través de un tubo capilar, que transmite la presión del bulbo hasta la parte superior del diafragma de la válvula. El conjunto bulbo sensor, tubo capilar y diafragma es conocido como elemento termostático. El diafragma es el componente actuante de la válvula y su movimiento es transmitido al

conjunto eje y porta eje por medio de una o dos varillas de empuje, permitiendo que el eje se mueva, entrando y saliendo del orificio de la válvula. El resorte de recalentamiento está ubicado debajo del porta eje y una guía de resorte lo mantiene en su lugar. En las válvulas ajustables externamente, un ajuste externo de válvula permite alterar la presión del resorte. Hay tres presiones fundamentales que actúan sobre el diafragma de la válvula y afectan su operación: Presión de bulbo sensor  $P_1$ , presión del evaporador  $P_2$ , y presión equivalente del resorte  $P_3$  como se muestra en la fig. 3.7.

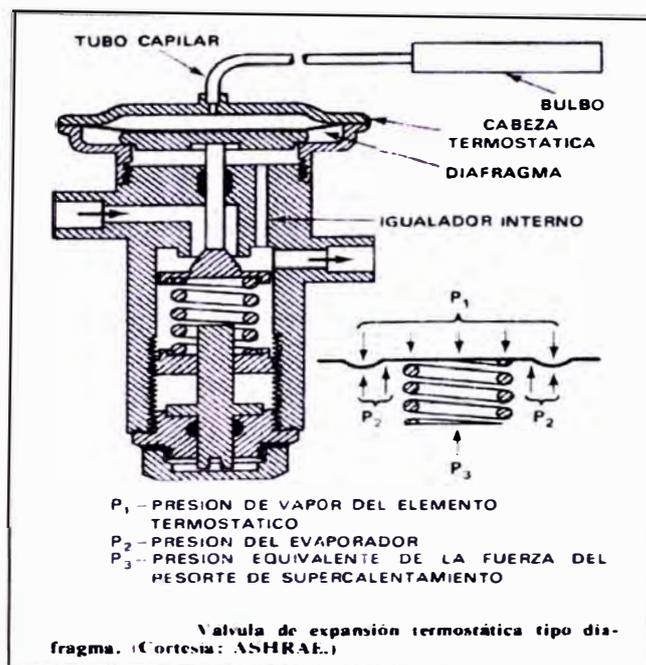


Fig. 3.7 Principio de operación válvula termostática

El efecto de cierre y apertura de válvula está directamente relacionada con la variación de la carga térmica del recinto a enfriar. Supongamos que un recinto está estable en el tiempo en la carga térmica. Con ello la masa de refrigerante que deja pasar la VET es la justa y necesaria para esta carga.

Sin embargo si se modificara la carga, aumentando la cantidad de producto, el refrigerante que se encuentra en el evaporador se evaporará con mayor rapidez y llegará al bulbo con un exceso de recalentamiento haciendo que el bulbo mande la señal a la válvula para que se aumente la cantidad de masa de refrigerante y con esto se mantenga constante el grado de recalentamiento. Durante el tiempo que se demora en retirar esta carga adicional, la válvula de expansión termostática estará abierta, según la necesidad, pero luego como la carga térmica está disminuyendo esto implica que el grado de recalentamiento de salida del refrigerante del evaporador también lo hará por lo tanto la presión del fluido potencia ira descendiendo y paulatinamente cerrará la válvula manteniendo el equilibrio y regulando la masa de refrigerante que entra al evaporador.

#### **4.- El Evaporador**

El evaporador es un intercambiador de calor en el lado de baja presión del sistema de refrigeración y que tiene por función evaporar el líquido refrigerante absorbiendo calor del medio a refrigerar. Existen diferentes formas de clasificar los evaporadores, pueden clasificarse como de circulación forzada o de circulación natural dependiendo de que un ventilador o una bomba obligue al fluido que se va enfriar a moverse hacia las superficies de transmisión de calor o que el fluido circule naturalmente debido a la diferencia de densidad entre el fluido caliente y el frío. Otra distinción que también puede hacerse es entre inundados y secos, se dice que un evaporador es inundado cuando el líquido refrigerante cubre todas las superficies de transmisión de calor y se llama seco cuando una porción de la superficie del evaporador se usa para recalentar el refrigerante. Los

evaporadores de expansión directa son evaporadores secos de circulación natural o forzada. Se le denomina así debido a que el refrigerante enfría el aire directamente sin tener que enfriar primero un líquido (agua o salmuera), con los evaporadores de aire forzada se obtiene una temperatura más uniforme debido a la rápida circulación de aire además de ser más compactas y de fácil instalación, son muy utilizados en grandes instalaciones. El tamaño y espaciamiento de las aletas, en parte depende del tipo de aplicación para la cual está diseñado el evaporador, el tamaño del tubo determina el tamaño de la aleta y el espaciamiento de las aletas depende principalmente de la temperatura de trabajo del serpentín. La acumulación de escarcha es inevitable en serpentines usados en enfriamiento de aire trabajando a una temperatura bajo cero, los evaporadores diseñados para aplicaciones de baja temperatura (-20°C aprox.) deben tener un mayor espaciamiento (dos a cuatro aletas por pulgada) a fin de minimizar el daño por la restricción en la circulación de aire.

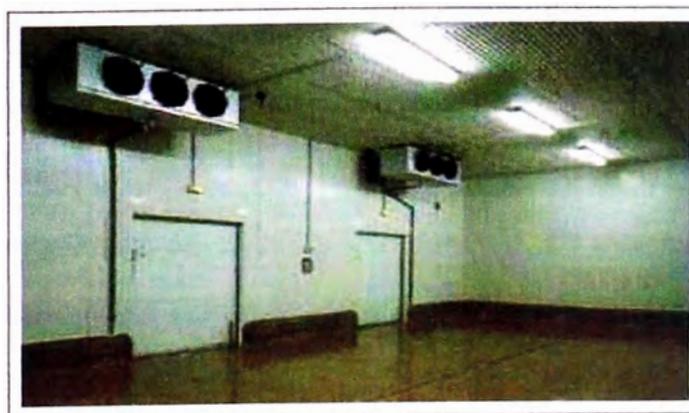


Figura 3.8 Evaporadores de tiro forzado

En los evaporadores inundados las formas que adoptan son variados, su construcción se basa en un depósito cilíndrico donde se mantiene el nivel de líquido adecuado por medio de una válvula de flotación, el principio de flotador puede definirse como una válvula colocada en el lado de baja del sistema para permitir la entrada de refrigerante líquido de la parte alta a medida que sea necesario, siendo controlada su acción por el nivel de líquido en el mencionado depósito cilíndrico, los vapores desprendidos por la ebullición llenan el espacio libre en la parte superior de dicho depósito. Como el líquido está en contacto con toda la superficie del evaporador durante el funcionamiento normal, este tipo de evaporador utiliza efectivamente toda su superficie, sin embargo del evaporador inundado no saldría debido a su constitución el aceite que a él llegase y por consiguiente todo el aceite que sale del compresor debe separarse del refrigerante en la tubería de descarga.

### **3.3 Métodos de Congelación**

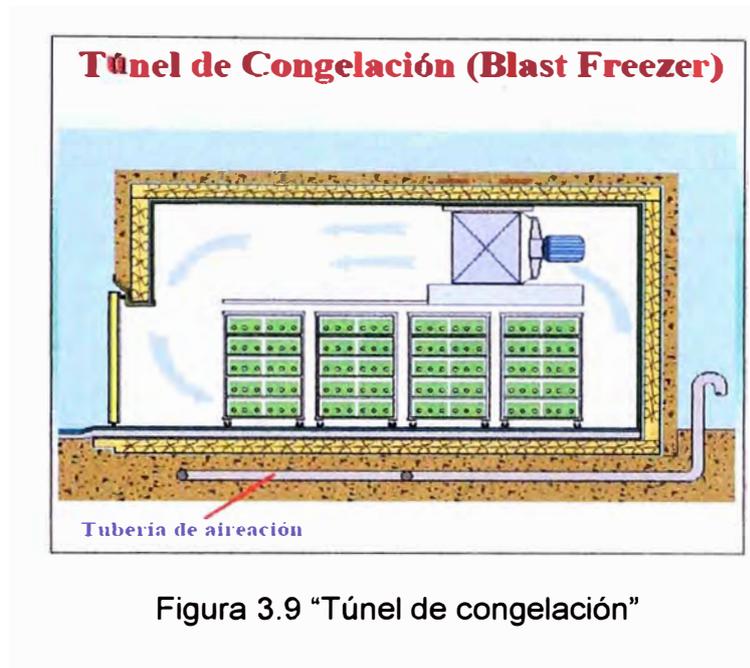
Actualmente no resulta difícil conservar la frescura del pescado y los mariscos. La congelación es el método más apropiado para preservar sin modificar y por periodos de tiempo prolongados las características de una amplia variedad de productos acuícolas y pesqueros. Según la velocidad de enfriamiento y consecuente congelación de la masa del alimento, se pueden distinguir en la práctica tres métodos de congelamiento: lento, rápido y ultrarrápido, los dos últimos son los más utilizados, se llama congelación rápida cuando el centro del producto o el corazón del producto pasa desde la temperatura inicial hasta  $-5^{\circ}\text{C}$  en 2 horas o menos y se logra la temperatura final en el centro del producto de  $-15^{\circ}\text{C}$  a  $-20^{\circ}\text{C}$  entre 3 y 4 horas aproximadamente. Entre las ventajas que

ofrecen podemos mencionar la rapidez con que bloquean los caracteres organolépticos del producto manteniéndose virtualmente invariable hasta la descongelación, neutraliza por completo la actividad de bacterias y limita la actividad enzimática de los tejidos de los productos, no tienen lugar laceraciones de los tejidos con la consecuente dispersión del jugo celular, aumenta el periodo de conservación de los productos.

Dentro del congelamiento rápido podemos mencionar los siguientes métodos:

#### **Congelamiento por Corrientes de Aire**

En el cual se utilizan los efectos combinados de temperatura baja y velocidad alta del aire para producir una rápida transferencia de calor del producto, es importante que los arreglos en el congelador sean tales que el aire pueda circular libremente alrededor de todas las partes del producto. Los túneles de congelamiento son la aplicación típica de este método y el más comúnmente usado, pueden ser de dos tipos: discontinuos y continuos. Los túneles de congelamiento discontinuos, son de diseño simple se asemeja a una cámara y el aire circula a velocidad alta.



Los túneles de congelamiento continuos, son sistemas donde el producto se coloca sobre una cinta transportadora que se mueve a través de una corriente de aire que circula a elevada velocidad. El tiempo de congelación viene determinado por la longitud y velocidad de la cinta transportadora. Estos tiempos pueden ser relativamente pequeños si se utiliza aire a muy baja temperatura, altas velocidades de aire y un buen contacto entre el producto y el aire frío.



Fig. 3.10 Túnel de congelamiento continuo

### **Congelamiento por Inmersión**

Se obtiene introduciendo el producto en una solución de salmuera a baja temperatura, debido a que el líquido refrigerado es un buen conductor y hace muy buen contacto con todo el producto, la transferencia de calor es rápida y el producto es congelado en un periodo corto de tiempo. La desventaja principal de este método es que existe la tendencia de extracción por ósmosis de los jugos del producto. Esto produce como resultado una contaminación y debilitamiento del líquido congelante, además si la salmuera usada es de cloruro de sodio, podrá algunas veces tenerse una penetración excesiva de sal en el producto.

### **Congelación por Contacto Indirecto**

Dentro de este método podemos mencionar al congelador de placas, donde el producto es colocado encima de placas metálicas a través de las cuales se hace circular el refrigerante. Debido a que el producto está en contacto térmico directo con la placa refrigerada, la transferencia de calor del producto se efectúa principalmente por conducción, de modo que la eficiencia del congelador dependerá en su mayor parte de la cantidad de superficie de contacto.

### **Congelación Criogénica**

Se emplean gases en estado líquido para la transferencia de calor tal como el nitrógeno a muy bajas temperaturas  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  y alta velocidad por aspersion o inmersión. Una de las técnicas usadas consiste en colocar el producto sobre parrillas, luego se introducen al congelador haciendo circular el gas criogénico mediante ventiladores que lo agitan y distribuyen resultando una temperatura de  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  y un tiempo de congelamiento de 3 a 5 minutos. Entre las ventajas tenemos los tiempos cortos de congelación que influyen en la calidad del producto, posibilidad de congelar un amplio abanico de productos y pérdidas pequeñas de peso aproximadamente entre 0.1% a 1%. La mayor desventaja es el alto costo del nitrógeno.

### **3.4 La Cadena de Frío en la Industria Pesquera**

La cadena de frío es una serie de sucesiones de procesos logísticos tales como almacenaje, distribución, embalajes, transporte, carga, descarga y presentación en la tienda ante el consumidor con la temperatura y humedad controlada desde el momento inicial de la producción hasta el punto de venta final. Para establecer la cadena de frío del pescado o marisco recién capturado debe ser

mezclado con hielo en proporciones de hielo/producto que puede ser 1 a 2 o 1 a 1 en peso, para que se consigan temperaturas cercanas 0 °C y retarde la descomposición del producto, mejor aún si el producto en hielo se almacena en cámaras frigoríficas que conservan la temperatura entre 0°C y – 5°C y si se eviscera mejor todavía para su conservación. Si se quiere mantener el pescado o marisco en condiciones óptimas por mayor tiempo es necesaria la congelación, proceso después del cual el producto se puede conservar sin alteraciones por varios meses. La congelación ideal se logra al bajar la temperatura en el centro del producto hasta -18 °C o -20 °C en el menor tiempo posible, esto se logra cuando el pescado o marisco se introduce dentro de túneles de congelación o congeladores de placas cuyas temperaturas son de -35 °C a -40 °C o menos. La cadena de frío comienza con cualquiera de los procesos descritos sigue con el transporte refrigerado hasta los supermercados, luego la colocación en vitrinas o cámaras de productos congelados y finalmente la congeladora o refrigeradora del consumidor final. En la tabla 3.1 apéndice A se muestra la cadena de frío para pescados y mariscos desde su captura, procesamiento en planta, hasta su venta en supermercados.

### **3.5 Paneles isotérmicos aislados con poliuretano**

Los paneles prefabricados para la construcción de túneles y cámaras no son otra cosa que planchas de aislamiento térmico revestido por ambas caras con láminas de acero pre-pintado y para la unión entre paneles se usa comúnmente unos ganchos excéntricos tipo candados, lo que facilita el montaje y posterior desmontaje en forma rápida, el conjunto posee una elevada resistencia mecánica a las sollicitaciones horizontales y verticales, a la flexión, al pandeo y al impacto.

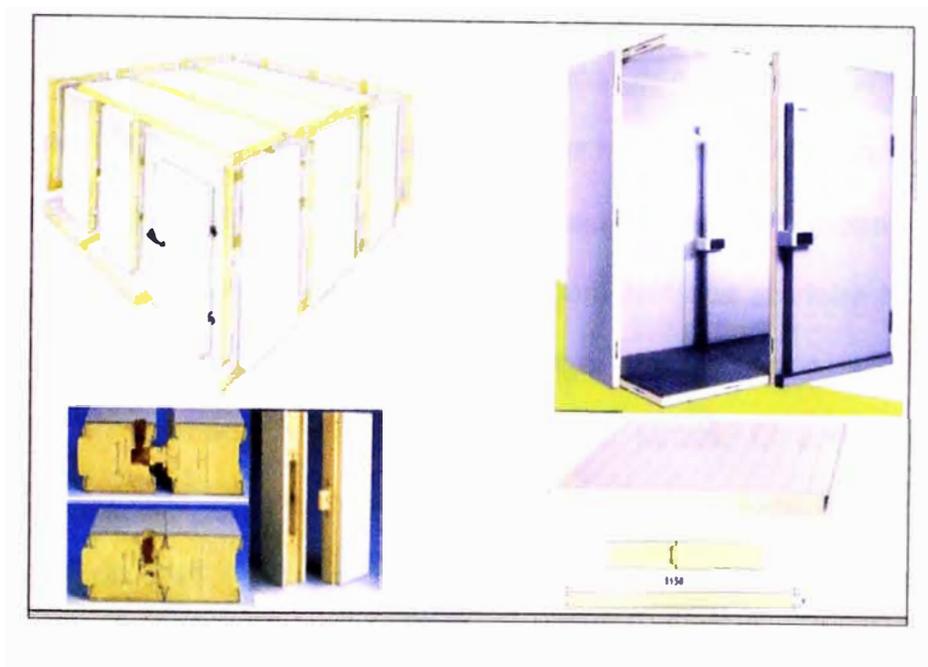


Fig. 3.11 Paneles prefabricados

Es importante el aislamiento térmico de las cámaras y túneles de refrigeración porque de esta manera disminuimos al máximo las ganancias de calor del exterior a través de las paredes, a mayor espesor de aislamiento las ganancias de calor serán menores. Las láminas que constituyen las caras exteriores hacen de barrera de vapor y se coloca en las juntas entre paneles el sellador correspondiente, es importante la barrera de vapor porque se evita la penetración de la humedad pudiendo ocurrir el congelamiento en la superficie interna de las paredes, pisos o techo. Adicionalmente en los pisos de cámaras que trabajan a temperaturas menores de  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  se evita la congelación del suelo colocando unos tubos de aeración de 3" ó 4" de diámetro espaciados entre 50 y 100 cm antes de su construcción, empotrados en el concreto para que el aire circule en forma natural o en forma mecánica a temperatura exterior. Los materiales aislantes más comúnmente usados son el poliuretano (PUR),

poliestireno expandido (EPS), Lana de roca (LDR) entre otros. Podemos definir el poliuretano como conjunto de dos componentes líquidos, poliol e isocianato, que mediante reacción química entre ellos dan lugar a la espuma de poliuretano. Son numerosos los factores que influyen en el gran auge que ha alcanzado el poliuretano, una de las ventajas es la posibilidad de aislar e impermeabilizar en un único proceso, esta característica se debe por una parte a su estructura de celdas cerradas y estancas al agua y por otra su forma de aplicación en continuo que permita evitar las juntas. El poliuretano en los paneles tiene una densidad de 40 Kg/m<sup>3</sup>, su coeficiente de conductividad térmica es de 0.023 W/m<sup>°K</sup>. En la tabla 3.2 apéndice A se muestra las características físicas de los paneles aislados con poliuretano.

### **3.6 Proceso de congelación**

En la fig. 3.13 se puede observar el desarrollo típico del proceso de congelación de los alimentos. Se pueden observar 2 curvas, la curva  $T_p$  referida a la temperatura superficial del producto y la curva  $T_c$  que se refiere a la temperatura del centro del producto ambas curvas varían de acuerdo con los métodos de congelación (lento, rápido, ultra rápido), el tamaño, forma, composición química y propiedades físicas del producto a congelar, si está envasado o no. Cualquiera sea el caso se pueden determinar tres etapas que corresponden a las fases del proceso de congelación. En la primera fase que corresponde al tramo a hasta b se produce el enfriamiento del producto a congelar desde la temperatura la temperatura inicial hasta la temperatura de congelación del producto. El tramo b hasta c corresponde a la fase de congelación propiamente dicha, en teoría este tramo sería horizontal, sin embargo en la realidad la concentración del jugo celular al incrementarse la

cantidad de agua congelada, disminuyendo a la vez y en forma constante el punto crioscópico, de esta manera se genera una curva diferente a la horizontal. En el punto c la curva comienza a caer bruscamente dando inicio a la fase de post enfriamiento del producto congelado. En esta fase tramo c – d disminuye la temperatura del producto congelado y alcanza una magnitud de la que puede partirse en el proceso tecnológico. Debemos indicar que la división entre la segunda y tercera fase es únicamente un convenio arbitrario, la sola determinación del punto c que representa el final del propio proceso de congelación es muy difícil, se considera en la mayoría de los alimentos que a una temperatura de  $-4^{\circ}\text{C}$  existe una congelación aproximada del 73% de la cantidad total del agua. Como la congelación del agua prosigue a temperaturas muy bajas ambas fases del proceso la congelación propiamente dicha y el post enfriamiento discurren por consiguiente de manera simultánea dentro del tramo de c hasta d.

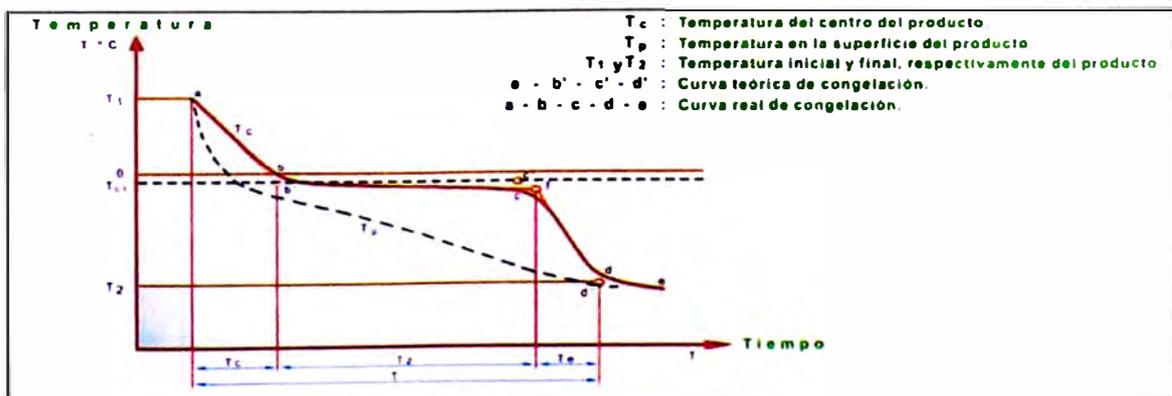


Fig. 3.12 Proceso de congelación

### **3.7 Almacenamiento de productos congelados**

Cuando un producto debe preservarse en su estado fresco original por periodos largos, generalmente se congela y almacena a  $-18^{\circ}\text{C}$  o menos. Los productos

alimenticios que se congelan, incluyen comúnmente no solo aquellos que se conservan en su estado fresco como las carnes, los mariscos, las frutas sino también muchos alimentos preparados. Los factores que rigen la calidad final y vida de almacenamiento de cualquier producto congelado son:

- a.- La naturaleza y composición del producto a ser congelado
- b.- El cuidado que se haya puesto en la selección, manejo y preparación del producto para su congelación.
- c.- El método de congelación.
- d.- Las condiciones de almacenamiento.

En la tabla 3.3 apéndice A se muestra las condiciones de almacenaje para algunos productos congelados.

## **CAPITULO 4**

### **CÁLCULO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN**

#### **4.1 Consideraciones para el diseño**

##### **4.1.1. Consideraciones generales**

Ubicación geográfica: ciudad de Piura.

Temperatura ambiente: 35 °C.

Humedad relativa: 65%.

Tipo de producto: Calamar gigante o Pota.

##### **4.1.2. Consideraciones para el diseño de túneles**

Cantidad de producto a congelar: 40 Ton / día en 4 túneles.

Tiempo de congelación: 12 horas.

Temperatura de ingreso del producto: de 14 °C a 20 °C de acuerdo al proceso a que es sometido el producto.

Temperatura final deseada en el producto: - 18 °C al centro.

Temperatura de evaporación: -35 °C.

Temperatura de condensación: +38 °C.

Energía eléctrica disponible: 440V / trifásica / 60 Hz.

Otras consideraciones: No hay radiación solar directa existes obre techo.

### **4.1.3. Consideraciones para el diseño de cámara**

Cantidad de producto a almacenar: 1,200 TM.

Tipo de envase: cajas de cartón.

Temperatura de ingreso del producto: -17 °C.

Temperatura de conservación del producto: -18 °C.

Temperatura de evaporación: -25 °C.

Temperatura de condensación: +38 °C.

Tiempo de almacenamiento: 1 a 6 meses.

Energía eléctrica disponible: 440V / trifásica / 60 Hz.

Otras consideraciones: No hay radiación solar directa.

## **4.2 Cálculo y dimensionamiento de los Túneles y Cámara**

### **4.2.1. Dimensionamiento de los Túneles y Cámara**

#### **Dimensionamiento de los Túneles**

Tamaño de la bandeja: 0.60m x 0.40m x 0.20m.

Peso producto x bandeja: 10 Kg.

Tamaño de la parihuela: 1.20m x 1.20m.

En la fig. 4.1 se muestra la disposición de las bandejas sobre la parihuela, se aprecia 9 niveles tal como se dispondrán en el túnel.

Peso del producto / parihuela: 540 Kg.

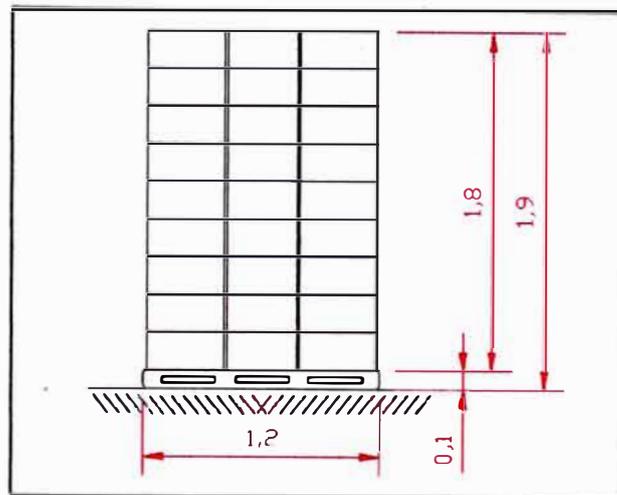


Fig. 4.1 Bandejas en parihuela

La densidad del flete de pota ( $\varphi_p$ ) se calcula dividiendo el peso del producto / parihuela entre el volumen total sobre la parihuela para nuestro caso nos da  $\varphi_p$ : 197 Kg/m<sup>3</sup>. El factor de aprovechamiento  $f$  es el volumen útil entre el volumen bruto, el cual se ha considerado 0.3 en base a la experiencia. Dividiendo la carga a congelar en un bach (5 TM) entre la densidad de la pota (197 Kg./m<sup>3</sup>) obtenemos el volumen útil, con lo que aplicando el factor de aprovechamiento 0.3 podemos estimar el volumen bruto en 86.4 m<sup>3</sup>. Podemos determinar la altura de los túneles ya que conocemos la altura que van ocupar los productos sobre la parihuela (1.90 m) y la altura del evaporador estimada de las dimensiones indicadas en el catálogo (1.35 m) con lo que fijamos la altura interior del túnel (H) en 3.25 m. Con la altura definida y el volumen bruto conocido (86.4 m) obtenemos el área mínima del túnel, el cual es 26.03 m<sup>3</sup>.

Un factor importante para determinar las dimensiones de un recinto es el espacio disponible, que para nuestro caso de los túneles el cliente dispuso 21 m x 7 m, partiendo de dicho espacio y considerando las dimensiones aproximadas del evaporador dados en los catálogos es que fijamos en 5 m el ancho interior del túnel, en la selección final de los evaporadores comparamos con lo asumido inicialmente. Teniendo el ancho del túnel podemos decir que nuestro largo mínimo del túnel es 5.21 m y nuestro largo disponible 7 m.

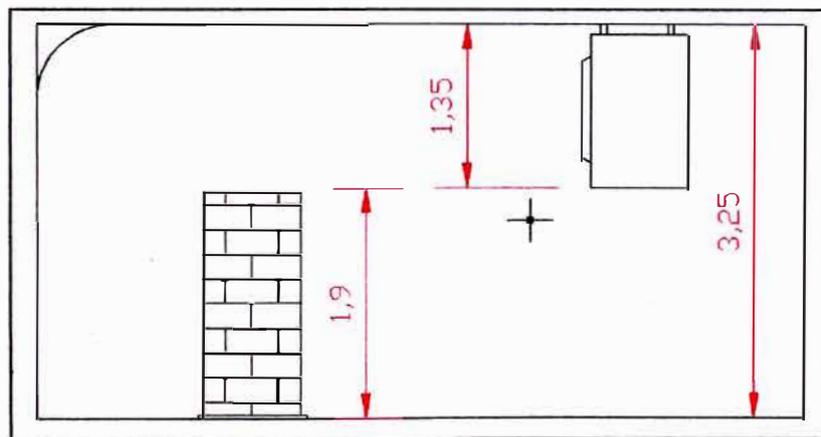


Fig. 4.2 Altura del túnel

El largo real depende de la modulación de las parihuelas, el ancho del evaporador que aproximadamente es 0.85 m, del espacio entre evaporador y pared posterior, de acuerdo a recomendaciones dadas en el HEATCRAFT debe ser la mitad del ancho del evaporador es decir aproximadamente 0.50 m y del espacio entre parihuelas y pared frontal que debe ser como mínimo la altura del evaporador para una mejor circulación del aire sobre el producto ver fig. 4.2 es decir 1.35 m.

Modulando las parihuelas en el túnel obtenemos el largo interior de 6.30 m, como se puede apreciar en la fig. 4.3.

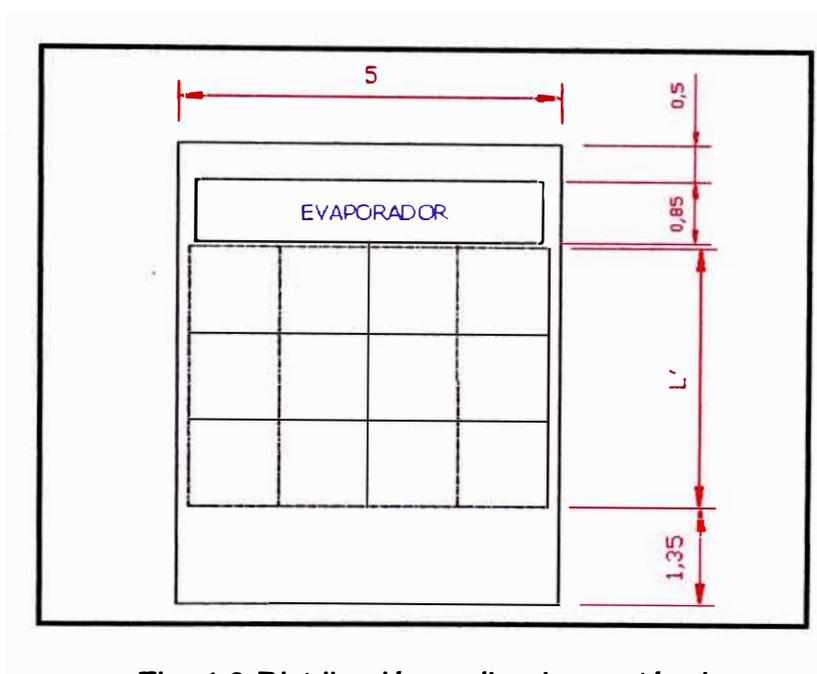


Fig. 4.3 Distribución parihuelas en túnel

Finalmente fijamos las dimensiones de cada túnel:

H: 3.25m (altura).

A: 5.00m (ancho).

L: 6.50m (largo).

#### **Dimensionamiento de la Cámara de Almacenamiento**

Capacidad total de la cámara: 1'200,000 Kg.

Tamaño de la caja: 0.50 m x 0.30 m x 0.18 m.

Peso del producto x caja: 11.34 Kg. / caja.

Tamaño de la parihuela: 1.00 m x 1.20 m x 0.10 m.

La fig. 4.4 muestra la distribución de las cajas en la parihuela.

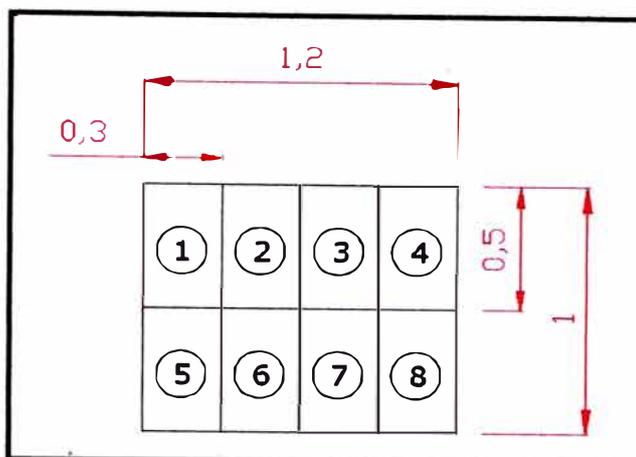


Fig. 4.4 Distribución de cajas por nivel

#### Nº Niveles por parihuela:

$$\text{Nº Niveles} = \frac{1.80\text{mts}(\text{Altura Recomendada})}{0.18\text{mts}(\text{Altura Caja})} = 10 \text{ Niveles/parihuela.}$$

Peso del producto por parihuela: 907.20 Kg. < 1,000 Kg. (máximo recomendado).

#### Distribución de Parihuelas en Cámara

Utilizaremos sistema compacto es decir por bloque o grupo de parihuelas, tentativamente consideramos 3 bloques en la cámara por lo que el peso por bloque será 400,000 Kg. obtenemos el número de parihuelas por bloque:

$$\text{Nº Parihuelas/bloque} = \frac{400,000\text{Kgs} / \text{bloque}}{907.20\text{Kgs} / \text{palets}} \approx 441 \text{ Parihuelas/bloque.}$$

De acuerdo a recomendaciones se puede apilar parihuelas uno sobre otro hasta un máximo de 4, vamos a considerar para nuestro proyecto 3 niveles, con lo que el número de parihuelas por nivel y por bloque será 147. Podemos acomodar las parihuelas en un bloque de manera de tener en forma horizontal 8 y en forma vertical 19, lo que hace un total

de 152 Parihuelas/bloque x nivel, con lo cual las dimensiones de un bloque son:

L: 19 x 1.20 m.: 22.80 m.

A: 8 x 1.00 m: 8.00 m.

H: 3 x 1.80 m: 5.40 m.

Considerando el espacio necesario para el tránsito del montacargas, el número de bloques que para nuestro caso es 3, así como la altura de los evaporadores aproximadamente 1.10 m y el espacio adecuado según recomendaciones para la correcta circulación de aire concluimos que las dimensiones de la cámara son:

L= 27 mts

A= 30 mts

H= 5.4 + 1.10 (Evaporador)= 6.50 mts

Volumen Bruto= 5,265 m<sup>3</sup>.

#### **4.2.2. Espesor de Aislamiento para las Paredes y Techos**

Para el cálculo del espesor de aislamiento de las paredes y techos partimos de la fórmula

$$Q = UA \Delta T \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

Q = Ganancia de calor por las paredes o techos (W).

U = Coeficiente global de transferencia de calor

$\frac{W}{m^2 \cdot K}$

A = Área (m<sup>2</sup>)

$\Delta T$  = Diferencia temperatura entre el exterior e interior del recinto (°K)

$$U = \frac{1}{\sum R} = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{\sum e_i}{k_i} + \frac{1}{h_i}} \frac{W}{m^2 \cdot K} \dots\dots\dots (2)$$

Para el caso de paneles la resistencia de las planchas es despreciable por ser espesor pequeño, solo consideramos el espesor de aislamiento, con lo que el coeficiente global (U) viene dado por:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{e_a}{K_a} + \frac{1}{h_i}} \dots\dots\dots (3)$$

$h_e$  = coeficiente superficial exterior  $\frac{W}{m^2 \cdot K}$

$h_i$  = coeficiente superficial interior  $\frac{W}{m^2 \cdot K}$

$e_a$  = espesor aislamiento poliuretano (m)

$K$  = conductividad térmica del poliuretano

Para el poliuretano  $K = 0.023 \frac{W}{m \cdot K}$

Igualmente se puede despreciar las resistencias superficiales interior y exterior.

Entonces el coeficiente global se simplifica a:

$$U = \frac{K_a}{e_a}$$

y la fórmula general de transferencia de calor viene dada por:

$$Q = \frac{K_a}{e_a} A \Delta T$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{K_a}{e_a} \Delta T \dots\dots\dots (4)$$

Partiendo de  $8 \text{ W / m}^2 < Q / A < 9.3 \text{ W / m}^2$  (Referencia libro cámaras frigoríficas y túneles de enfriamiento rápido de P. Melgarejo). Tomando el valor de  $9.1 \text{ W / m}^2$  usado por fabricante de paneles DANICA y reemplazando en ecuación (4) los valores conocidos nos queda:

$$e_a = 0.0025 \frac{m}{^{\circ}K} \times \Delta T \dots\dots\dots (5)$$

Donde  $\Delta T$  = diferencia temperatura entre el exterior e interior.

Reemplazando valores de  $\Delta T$  para túnel 65 °C, para cámara 55 °C y considerando medidas comerciales seleccionamos los siguientes paneles con aislamiento de poliuretano:

Para los túneles utilizaremos paneles con 150 mm de espesor.

Para la cámara utilizaremos paneles con 120mm de espesor.

En la tabla 4.1 muestra los espesores de paneles para paredes y techos calculados de la ecuación (5).

Recinto	Temperatura interior °C	Temperatura exterior °C	Espesor de aislamiento mm
Túneles	-30	+ 35	162
Cámara	-20	+ 35	137

Tabla N° 4.1 Espesores de aislamiento de las paredes y techos

#### 4.2.3. Espesor aislamiento para los pisos

Para el cálculo del espesor de aislamiento de los pisos partimos de la ecuación (2), el coeficiente global viene dado por:

$$U = \frac{1}{h_i + \frac{e_1}{K_1} + \frac{e_a}{K_a} + \frac{e_2}{K_2}} \dots\dots\dots(6)$$

Donde:

$h_i$  = Coeficiente superficial interior.

$e_1$  = Espesor loza de concreto.

$K_1$  = Conductividad térmica del concreto.

$e_a$  = Espesor de aislamiento.

$K_a$  = Conductividad térmica del aislamiento (poliuretano).

$e_2$  = Espesor barrera de vapor.

$K_2$  = Conductividad térmica de la barrera de vapor.

Podemos despreciar  $e_2 / K_2$ ,  $1/h_i$  y para el valor de  $Q / A$  para las planchas de poliuretano de acuerdo a fabricante usaremos  $8 \text{ W / m}^2$ . El espesor de la losa de concreto es  $0.10\text{m}$ , los valores de  $K_1$  y  $K_a$  son  $0.17 \text{ W/m } ^\circ\text{K}$  y  $0.023 \text{ W/m } ^\circ\text{K}$  respectivamente. Reemplazando los valores conocidos en la ecuación (1) nos da la siguiente ecuación:

$$e_a = \frac{(\Delta T - 0.587)}{8} \cdot 0.023 \dots\dots\dots (7)$$

Considerando la temperatura del suelo  $13 \text{ }^\circ\text{C}$  y reemplazando los valores de  $\Delta T$  para el túnel  $43 \text{ }^\circ\text{C}$ , para la cámara  $33 \text{ }^\circ\text{C}$  y considerando medidas comerciales de stock seleccionamos:

Para los túneles usaremos 2 capas de plancha de poliuretano  $1.20 \text{ m} \times 2.40 \text{ m} \times 62.5 \text{ mm}$  (espesor), para lograr el espesor mínimo de  $110 \text{ mm}$ .

Para la cámara de almacenamiento usaremos 2 capas de plancha de poliuretano  $1.20 \text{ m} \times 2.40 \text{ m} \times 50 \text{ mm}$  (espesor), para lograr un espesor mínimo de  $81 \text{ mm}$ .

En la tabla 4.2 se muestra el espesor del aislamiento de pisos calculado para los túneles y cámara de almacenamiento.

<b>Recinto</b>	<b>Temperatura interior oC</b>	<b>Temperatura suelo oC</b>	<b>Espesor de aislamiento mm</b>
Túneles	-30	+ 13	110
Cámara	-20	+ 13	81

Tabla No 4.2 Espesor de aislamiento de los pisos

### **4.3 Cálculo de la carga de refrigeración**

#### **4.3.1 Componentes de la carga térmica**

Los componentes de la carga térmica son:

1. Carga por transmisión: viene a ser el calor sensible ganado por las paredes, techos y pisos. El calor latente ganado por la humedad a través de paredes, techos y pisos, según ASHRAE es insignificante.
2. Carga del producto.
3. Cargas internas.
4. Cargas por aire infiltrado.
5. Cargas relacionado al equipamiento.

#### **Carga por transmisión**

Para el caso de las paredes y techos de la ecuación (3) calculamos el coeficiente global U para lo cual hemos considerado despreciables las resistencias superficiales  $1/h_e$  y  $1/h_i$ , sin embargo para estimar la carga por transmisión de calor vamos a considerar los valores experimentales indicados en el libro **cámaras frigoríficas y túneles de enfriamiento rápido de P. Melgarejo**, estos dependen principalmente de la velocidad

del aire, rugosidad de la superficie, temperatura ambiente, por lo tanto tomando para los túneles los valores de  $1 / h_e + 1 / h_i = 0.287 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{K} / \text{W}$ , espesor de aislamiento 0.15 m y coeficiente de conductividad térmica  $0.023 \text{ W} / \text{m }^\circ\text{K}$  obtenemos el coeficiente global  $U = 0.147 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$ . Similarmente para la cámara de almacenamiento tomando los valores  $1/h_e + 1/h_i = 0.286 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{K} / \text{W}$ , espesor de aislamiento 0.12 m y el coeficiente de conductividad térmica  $0.023 \text{ W} / \text{m }^\circ\text{K}$  obtenemos el coeficiente global  $U = 0.182 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$ .

Para el caso de los pisos para determinar el coeficiente global partimos de la ecuación (6), los valores de la resistencia superficial  $1/h_i$  y  $e_2 / k_2$  por ser el espesor de la barrera de vapor pequeño, son despreciables sin embargo al igual que el caso anterior tomaremos valores experimentales de  $1 / h_i$  con lo que el coeficiente global viene dado por:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{e_a}{K_a} + \frac{e_1}{K_1}} \dots \dots \dots (8)$$

Tomando los valores de  $1 / h_i = 0.28 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{K} / \text{W}$  para los túneles y  $1 / h_i = 0.25 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{K} / \text{W}$  para la cámara, con los valores conocidos de espesores y conductividad térmica obtenemos los coeficientes globales (U) de  $0.159 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$  para los túneles y  $0.193 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$  para la cámara.

Con los valores de los coeficientes globales, área de transmisión de calor y diferencia de temperatura entre el exterior e interior del recinto, podemos calcular la transmisión de calor por las paredes, techos y pisos reemplazando dichos valores en la ecuación (1):  $Q = UA \Delta T$ .

En la tabla 4.3 apéndice A se muestra las cargas por ganancia de calor a través de las paredes, techos y pisos de los túneles y cámara de almacenamiento, los valores de  $q$  (KJ) se refiere a la ganancia de calor por bach de 12 horas para el caso de los túneles y por día para el caso de la cámara de almacenamiento.

**Cargas del producto:**

Para el cálculo de las cargas del producto tomamos en cuenta las siguientes fórmulas:

$$q_1 = mC_1 (T_i - T_c) \text{ -----(9)}$$

$$q_2 = mC_2 (T_c - T_f) \text{ ----- (10)}$$

$$q_3 = mh_{fg} \text{ ----- (11)}$$

Donde:

$q_1$  = Calor removido en KJ desde la temperatura inicial del producto, hasta la temperatura de congelamiento.

$q_2$  = Calor removido en KJ desde la temperatura de congelamiento hasta la temperatura final del producto.

$q_3$  = Calor removido en KJ para congelar el producto.

$m$  = Masa del producto. Para el caso del túnel Kg. / bach de 12 horas y para la cámara Kg. / día.

$C_1$  = Calor específico del producto sobre el punto de congelamiento en KJ / Kg.°K.

$C_2$  = Calor específico del producto debajo del punto de congelamiento en KJ / kg.°K.

$h_{fg}$  = Calor latente de fusión del producto en KJ/Kg.

$T_i$  = Temperatura inicial del producto en °C.

$T_c$  = Temperatura de congelamiento del producto en °C.

$T_f$  = Temperatura final del producto en °C.

Para el caso de los túneles se calcula la carga del producto para los diferentes procesos a que es sometida la papa, la temperatura de ingreso varía con el proceso, los valores del calor específico, calor latente y temperatura de congelamiento del producto fueron tomados de las tablas del ASHRAE para los casos en que la papa es sometida a los procesos de fresco-congelado o durama(cocido-congelado), cuando la papa es sometida al proceso de secado antes de ser congelado se obtiene una humedad aproximada del 20% en el producto. Los calores específicos y calor latente considerando dicha humedad se determinan a partir de las siguientes ecuaciones propuestas en el texto **Cámaras frigoríficas y Túneles de enfriamiento rápido de P. Melgarejo:**

**Calor específico sobre el punto de congelamiento  $C_1$**

$$C_1 = \frac{a_1 + (C_{mo})b_1}{100} \times 4.19 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}} \dots\dots(12)$$

$a_1$  = % de humedad del producto

$b_1$  = % de sólido del producto

$C_{mo}$  = Calor específico de la materia orgánica = 0.4 Kcal. / Kg°C

Reemplazando valores conocidos obtenemos  $C_1 = 2.18 \text{ KJ / Kg.}^\circ\text{K}$ .

**Calor específico por debajo del punto de congelamiento  $C_2$**

$$C_2 = \frac{(a_1) C_H + (b_1)C_{mo}}{100} \times 4.19 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}} \dots\dots(13)$$

$a_1$  = % de humedad en el producto

$b_1$  = % de sólido en el producto

$C_{mo}$  = Calor específico de la materia orgánica = 0.4 Kcal /Kg°C

$C_H = \text{Calor específico del hielo} = 0.5 \text{ Kcal /Kg}^\circ\text{C}$

Reemplazando valores conocidos obtenemos  $C_2 = 1.76 \text{ KJ / Kg. }^\circ\text{K}$ .

### **Calor latente hfg**

$$hfg = \frac{a_1 \cdot h_{fgw}}{100} \dots\dots(22)$$

$h_{fgw} = \text{Calor latente de fusión del agua} = 334 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$

$a_1 = \%$  de humedad en el producto.

Reemplazando valores conocidos obtenemos  $hfg = 66.8 \text{ KJ / Kg}$ .

En la tabla No 4.4 apéndice A se muestra el resumen de los parámetros usados para determinar la carga del producto en los túneles de acuerdo a los diferentes procesos a que es sometida la fruta.

Para el cálculo de la carga del producto en la cámara de almacenamiento se considera que el producto congelado luego de ser empacado en cajas ingresa a la cámara a una temperatura promedio de  $-16^\circ\text{C}$ , que la carga diaria de producto congelado es 40,000 Kg. / día y que el producto debe mantenerse a una temperatura de  $-18^\circ\text{C}$ . Reemplazando los valores conocidos en la ecuación (10) se obtiene  $q_2 = 170,400 \text{ KJ / día}$ .

### **Cargas Internas**

Las cargas internas son generadas por:

#### **Equipos Eléctricos:**

**Motores:** La ganancia de calor por los motores eléctricos es debido al calor disipado por la bobina del motor más el calor disipado por el

rozamiento de las aletas con el aire, se ha tomado como referencia las tablas de ASHRAE 2,006.

$$q_m = Q.t.n \dots\dots\dots (15)$$

Donde:

Q = Ganancia de calor por motor eléctrico (de tablas ASHRAE) W.

t = Tiempo de funcionamiento de los motores en horas / día.

n = Número de motores.

Luces: Para la ganancia de calor por luces se ha tomado el valor de 11 W / m<sup>2</sup>, tomado como referencia del manual de ingeniería Heatcraft.

$$q_L = f. A . t \dots\dots\dots (16)$$

Donde:

f = Factor 11 W / m<sup>2</sup>.

A = Area del recinto.

t = Tiempo que permanece encendido las luces en horas / día.

Montacargas: Para la ganancia de calor por montacargas ( $q_{mc}$ ) se ha tomado como referencia el manual de ingeniería HEATCRAFT en donde considera 6,150 W para un montacarga de 2 Ton.

$$q_{mc} = Q_{mc}.t.n \dots\dots (17)$$

Donde:

$Q_{mc} = 6,150$  W.

t = Tiempo que permanece el montacarga en la cámara horas / día.

N = Número de montacargas.

Personas: Para la ganancia de calor generado por las personas ( $q_p$ ) según ASHRAE se puede calcular a partir de la fórmula:

$$q_p = (272 - 6T) . n . t \dots\dots (18)$$

Donde:

$q_p$  = Ganancia de calor W.

T = Temperatura de la cámara °C.

n = Número de personas que trabajan en la cámara, aproximadamente 700 m<sup>3</sup> / persona.

t = Tiempo que permanecen las personas en la cámara horas / día.

### **Para el caso de los túneles**

Solo se considera las ganancias de calor generado por motores eléctricos, no se consideran luces y personas debido a que durante el congelamiento los túneles permanecen cerrados.

Motores eléctricos: Podemos estimar con la carga calculando hasta el momento y los catálogos de evaporadores el No de motores a utilizar, estimamos 4 motores trifásicos de 1.1 KW. Según tablas ASHRAE:

Para 1.1 KW —————1,453W (ganancia total de calor /ventilador).

El tiempo de funcionamiento es 12 horas, que es el tiempo que dura el proceso de congelamiento. Con los datos conocidos reemplazamos en ecuación (15) y obtenemos  $q_m = 251,078$  KJ / bach.

### **Para el caso de la Cámara de Almacenamiento:**

Se considera ganancia de calor generado por motores, luces, montacargas, personas.

Motores: Similar al procedimiento usado para los túneles, podemos estimar 8 motores de 1.1KW, sin embargo HEATCRAFT de una estimación para almacenes de 1HP por cada 350m<sup>3</sup> de espacio con lo cual nos daría 10 motores de 1.1 KW.

Según tablas de ASHRAE:

Para  $1.1\text{KW} = 1,453\text{W}$  (ganancia total de calor / ventilador)

Vamos a considerar que son 8 motores y que trabajan 21 horas / día debido a que el evaporador deja de funcionar durante el periodo de deshielo el cual se ha estimado en 6 de 30 minutos de duración. Con los datos conocidos reemplazamos en ecuación (15) y obtenemos  $q_m = 878,774.40 \text{ KJ/día}$ .

Luces: Conociendo el área del almacén ( $868 \text{ m}^2$ ) y considerando 14 horas / día que permanecen las luces encendidas ya que se asumió un factor de uso de 0.6, calculamos la ganancia de calor reemplazando los datos conocidos en la ecuación (16) obteniendo  $q_L = 481,219 \text{ KJ/día}$ .

Montacargas: Para la estimación de la ganancia de calor por el uso de montacargas hemos considerado 2 y que trabajan en el interior de la cámara 14 horas / día.

Con los valores conocidos reemplazamos en la ecuación (17) y obtenemos  $q_{mc} = 619,920 \text{ KJ/día}$ .

Personas: Para la estimación de la ganancia de calor por las personas que trabajan en la cámara hemos considerado 7 personas, tomando como referencia el manual de HEATCRAFT que estima 1 persona por cada  $700 \text{ m}^3$ , el tiempo que permanecen en el interior estimamos 14 horas / día. Con los valores conocidos reemplazamos en la ecuación (18) y obtenemos  $q_p = 138,298 \text{ KJ/día}$ .

La carga total ( $q_{ci}$ ) por equipos eléctricos para la cámara de almacenamiento será entonces  $2'118,211.40 \text{ KJ / día}$ .

### **Carga por infiltración de aire**

Siempre que se abre la puerta de un espacio refrigerado se infiltra aire caliente del exterior y sale un poco de aire frío, hay 2 métodos para calcular dicha carga: por cambio de aire y por velocidad de aire, usaremos el método por cambio de aire para lo cual partimos de la siguiente fórmula:

$$Q_{ca} = m \cdot \Delta h \cdot f$$

$$Q_{ca} = v \cdot \frac{n}{v_e} \cdot (h_{ext} - h_{int}) \cdot f \dots\dots\dots (19)$$

$m$  = Masa de aire infiltrado (Kg)

$v$  = Volumen del recinto ( $m^3$ ).

$n$  = Número de cambios por día.

$v_e$  = Volumen específico de aire infiltrado ( $m^3/Kg$ ).

$h_{ext}$  = Entalpía del aire exterior KJ/Kg.

$h_{int}$  = Entalpía del aire interior KJ/Kg.

$f$  = Factor de uso, aproximadamente 0.6 para cámaras de almacenamiento.

Referencia tratado practico de refrigeración

Ing. Ernesto Sanguinetti Remusgo.

### **Para el caso de los túneles:**

No se considera infiltración de aire puesto que las puertas permanecen cerradas durante el proceso de congelamiento.

**Para la cámara de almacenamiento:**

Considerando los valores conocidos:

$$v = 5,265 \text{ m}^3.$$

$$n = 0.92 \text{ cambios/día.}$$

$$h_{\text{ext}} = 33.7 \text{ KJ/Kg. (de la tabla psicométrica).}$$

$$v_e = 0.79 \text{ m}^3/\text{kg.}$$

$$h_{\text{int}} = - 2.1 \text{ KJ/Kg. (de la tabla psicométrica).}$$

$$f = 0.6$$

Reemplazando en la ecuación (19) tenemos:

$$q_{\text{ca}} = 131,702.31 \text{ KJ/día.}$$

Como son 2 puertas una para cargar la cámara y otra para despacho, entonces la carga total será 263,404.62 KJ/día.

**Carga relacionada al equipamiento**

Esta asociada con la operación del equipo de refrigeración, así tenemos la carga térmica de motores eléctricos de ventiladores, carga por descongelamiento de los evaporadores. La carga térmica de motores fue calculada anteriormente por lo que solo consideramos calor ganado por descongelamiento.

Calor por descongelamiento eléctrico:

$$q_{\text{DE}} = N_E \times q_{\text{re}} \times T_d \times f \dots\dots\dots(20)$$

Donde:

$N_E$  = número de evaporadores.

$q_{\text{re}}$  = ganancia de calor por resistencias eléctricas.

$T_d$  = tiempo de descongelamiento por día.

$f$  = factor ingreso de calor a la cámara.

**Para túneles de congelamiento:**

Para túneles no se considera puesto que no debe haber descongelamiento durante el proceso de congelamiento.

**Para cámara de almacenamiento:**

Considerando los valores conocidos:

$N_E$  = 8 evaporadores.

$q_{re}$  = 13,800w (referencia catálogos).

$T_d$  = 10,800 seg / día (6 deshielos de 30 minutos/día).

$f$  = 0.5.

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación (20) nos da:

$Q_{DE}$  = 596,160KJ/día.

### **4.3.2 Determinación de la carga de refrigeración**

La carga total de refrigeración es la suma de todas cargas calculadas más un factor de seguridad, el cual se ha considerado 5% para los túneles y 10% para la cámara de almacenamiento. La tabla No 4.5 apéndice A muestra el resumen de las cargas y la potencia de refrigeración requerida.

### **4.4 Selección del tipo de refrigerante**

Es deseable que el refrigerante posea ciertas características físicas y térmicas de cuyo resultado se tengan los requerimientos mínimos de potencia por

capacidad de refrigeración, es decir un alto coeficiente de rendimiento. Las propiedades más importantes que influyen en la capacidad y eficiencia son:

1. Calor latente de vaporización.
2. Volumen específico del vapor.
3. Relación de compresión.
4. Calor específico del refrigerante en estado líquido y vapor.

La relación de compresión máxima que se considera como normal es de 10:1, valores mayores lleva a trabajar el sistema con temperaturas de descarga anormales. Es importante escoger el tipo de compresor y refrigerante, calcular previamente la relación de compresión y evitar así los peligros que representa trabajar con una presión de aspiración muy baja en relación con la descarga.

#### **Para los túneles de congelación**

Para la selección se procede a analizar el siguiente cuadro comparativo mostrado en la tabla 4.6, donde se muestra el comportamiento de los distintos tipos de refrigerante a lo largo del ciclo de compresión de vapor.

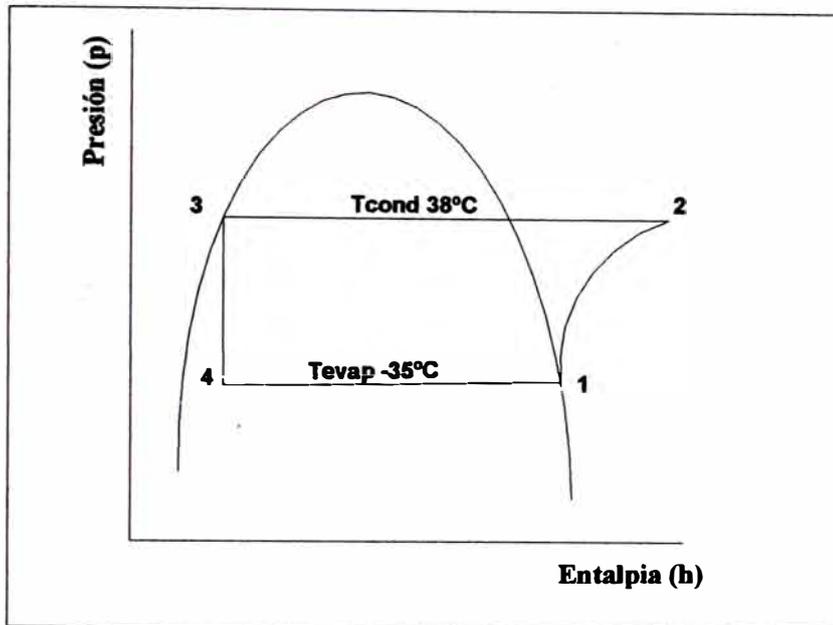


Fig. 4.5 Ciclo Standard

Refrigerante	T Cond. (°C)	Pcond (kpa)	Tevap (°C)	Pevap (kPa)	Pcond/Peva	Rp
R-134A	38	963.2	-35	66.1	15	>10
R-717	38	1,471	-35	93.1	16	>10
R-22	38	1,460	-35	132	11	>10
R-404A	38	1,732	-35	170.8	10	=10
	<b>h3=h4 (kJ/kg)</b>	<b>Δh14 (kJ/kg)</b>	<b>h2 (kJ/kg)</b>	<b>h1 (kJ/kg)</b>	<b>Δh21 (kJ/kg)</b>	<b>COP</b>
R-134A	253.4	123.8	435	377.2	57.8	2.14
R-717	380.8	1035.2	1825	1416	409	2.53
R-22	247	143.4	450	390.4	59.6	2.41
R-404A	256.7	89.3	394	346	48	1.86

Tabla No 4.6 Comportamiento de los refrigerantes – Túneles.

Donde:

$T_{cond}$ : Temperatura de condensación.

$T_{evap}$ : Temperatura de evaporación.

$P_{cond}$ : Presión de condensación.

$P_{evap}$ : Presión de evaporación.

$P_{cond}/P_{eva}$ : Relación de presiones condensación – evaporación.

$h_1, h_2, h_3, h_4$ : entalpías del ciclo de compresión de vapor.

$\Delta h_{14}$ : Efecto refrigerante.

COP: Coeficiente de performance.

$\Delta h_{21}$ : Trabajo de compresión.

Después de analizar los resultados, se selecciona el refrigerante R-404A porque solo requiere una etapa de compresión ( $P_{cond}/P_{eva} < 10$ ). Para los demás tipos de refrigerantes es recomendable trabajar con 2 etapas de compresión. Se puede apreciar también que con el R404A se requiere menos trabajo de compresión comparándolo con los otros refrigerantes.

### **Para la Cámara de Conservación**

El análisis es similar al hecho para los túneles, en el siguiente cuadro comparativo mostrado en la tabla 4.7, se aprecia el comportamiento de los distintos tipos de refrigerante a lo largo del ciclo de compresión de vapor.

Refrig.	Tcond (°C)	Pcond (KPa)	Tevap (°C)	Pevap (KPa)	Pcond/Peva	Rp
R-134A	38	963.2	-25	106.4	9.05	<10
R-717	38	1,471	-25	151.5	9.71	<10
R-22	38	1,460	-25	201.4	7.25	<10
R-404A	38	1,732	-25	256.6	6.75	<10
	h3=h4 (kJ/kg)	Δh14 (kJ/kg)	h2 (kJ/kg)	h1 (kJ/kg)	Δh21 (kJ/kg)	COP
R-134A	253.4	130	430	383.45	46.6	2.79
R-717	380.8	1050	1770	1431	339	3.09
R-22	247	148	445	394.9	50.1	2.95
R-404A	256.7	95	390	351.8	38.2	2.49

Tabla 4.7 Comportamiento de los refrigerantes – Cámara

Al igual que el caso de los túneles de congelación, se selecciona el refrigerante R-404A debido a que con dicho refrigerante se tiene la menor relación de compresión, requiere una etapa de compresión ( $P_{cond}/P_{eva} < 10$ ). Por otro lado, con el R404A se requiere menos trabajo de compresión comparándolo con los otros refrigerantes.

#### **4.5 Selección de los Equipos de Refrigeración**

Para la selección de las unidades condensadoras y evaporadoras nos basamos en el principio de que debe existir un equilibrio entre ambas unidades. El estudio del funcionamiento conjunto de la unidad de condensación y el evaporador completa el análisis del ciclo de compresión de vapor en una única etapa, porque el punto de equilibrio así deducido representa el punto de

funcionamiento del sistema total. Para determinar el punto de equilibrio nos hemos basado en métodos gráficos, elaboramos las curvas de funcionamiento capacidad versus temperatura de evaporación de la unidad de condensación tomando como base los datos proporcionados por el fabricante en los catálogos respectivos, es decir para cierta temperatura de evaporación corresponde una capacidad determinada manteniendo una temperatura de condensación constante de 38 °C. Para los evaporadores se elaboró la curva partiendo de la capacidad nominal según catálogo, se consideró la diferencia de temperatura entre el aire dentro de la cámara o túnel y el refrigerante en el evaporador 5.6 °C de acuerdo a los datos del fabricante, estos valores son reemplazados en la ecuación (1) para determinar el valor de UA, el cual nos permite graficar las curvas de funcionamiento capacidad versus temperatura de evaporación teniendo como base la ecuación (1) y considerando la temperatura del recinto constante, para el caso del túnel -30 °C y para la cámara -20 °C. Graficamos diferentes unidades y buscamos que el punto de equilibrio entre la unidad condensadora y evaporador se encuentre lo más cerca a lo requerido en el proyecto.

En las figuras N° 4.6 y N° 4.7, se muestran las curvas de funcionamiento para diferentes unidades tanto para los túneles, de los cuales se consideró el túnel de mayor capacidad estimada debido a que todos deben estar en condiciones de congelar Pota de cualquier proceso, así como para la cámara de almacenamiento. Basado en los puntos de equilibrio mostrados en dichos gráficos seleccionamos los equipos siguientes:

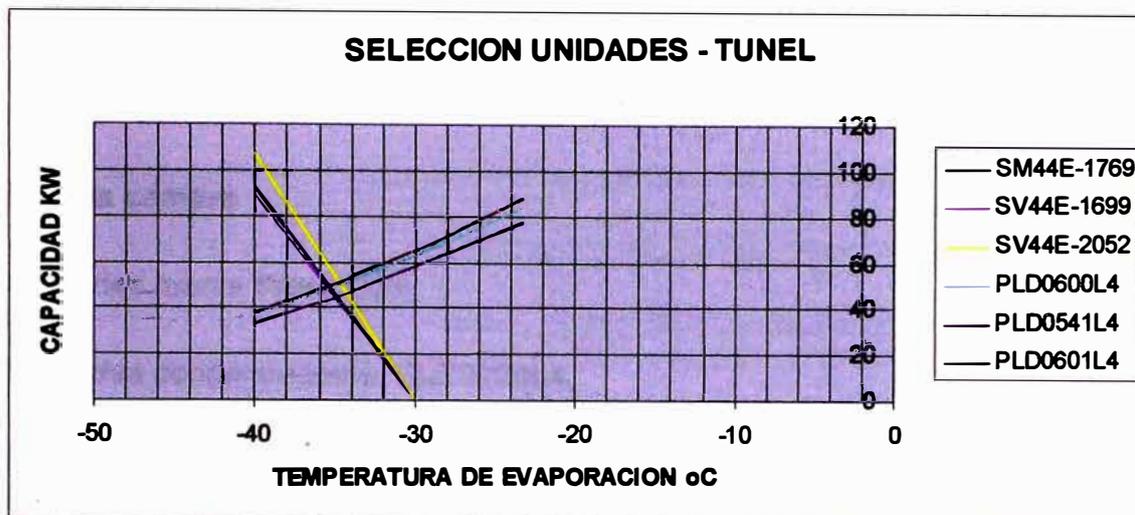


Fig. 4.6 Curvas de funcionamiento unidades túnel

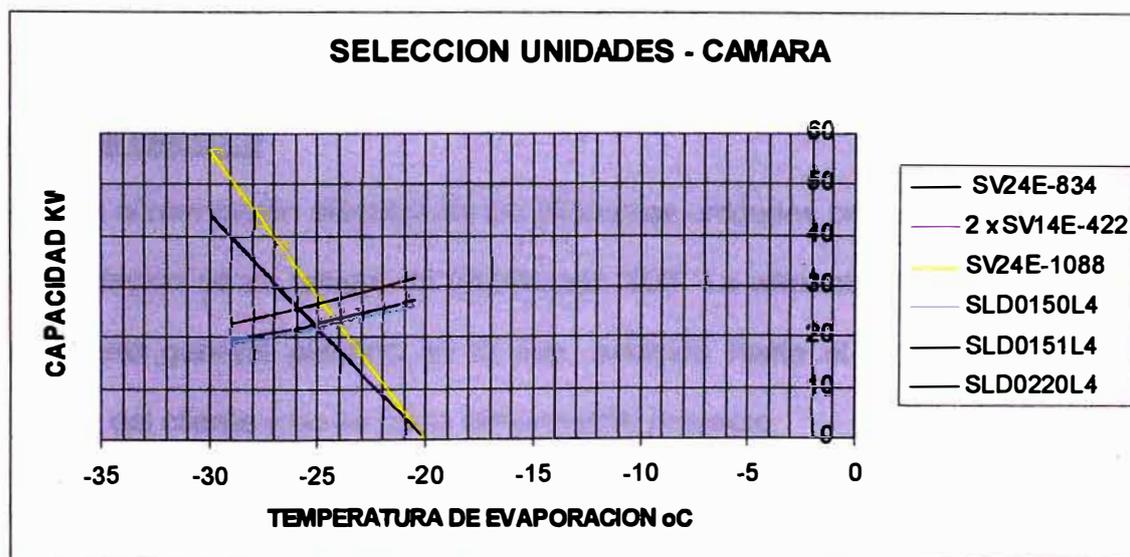


Fig. 4.7 Curvas de funcionamiento unidades cámara

### Para los túneles

Unidades marca Krack USA.

Unidad condensadora: modelo PLD0601L4.

Unidad evaporadora: modelo SV44E-2052.

Punto de equilibrio: temperatura evaporación  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  / capacidad 52 KW.

### **Para la cámara**

Unidades marca Krack USA.

Unidades condensadoras: SLD0220L4.

Unidades evaporadoras: SV24E-834.

Como la capacidad total de la cámara es 77.8 KW necesitamos 3 unidades.

Punto de equilibrio: temperatura evaporación  $-25.8\text{ }^{\circ}\text{C}$  / capacidad 26 KW.

## **4.6 Sistema eléctrico**

Para la alimentación eléctrica de las diferentes unidades partimos del suministro e instalación de un tablero de distribución TDF. La alimentación eléctrica desde el tablero general ubicado en la sub. estación hasta el tablero TDF es por cuenta del cliente y no es parte del presente proyecto.

### **Unidades del túnel**

Cada una de las unidades condensadoras viene de fábrica con sus tableros integrados en donde se encuentra el control de la unidad y se alimenta los compresores. En campo solo es necesario alimentar desde el tablero de distribución TDF a cada unidad y desde los tableros de las unidades condensadoras hasta los ventiladores y resistencias de deshielo que se encuentran en el evaporador.

### **Unidades de la cámara**

Igual que en los túneles, las unidades condensadoras vienen de fábrica con sus tableros integrados en donde se encuentra el control de la unidad y se alimenta los compresores. En campo solo es necesario alimentar desde el tablero de distribución TDF a cada unidad y desde los tableros de las unidades condensadoras hasta los evaporadores.

Las tablas N° 4.8 y N° 4.9 (ver apéndice A) muestran las características eléctricas de los equipos y accesorios de los túneles y cámara respectivamente.

### **Selección de interruptores generales**

En la tabla 4.10 y 4.11 apéndice A, se muestra las cargas consideradas para seleccionar el interruptor general de 3 x 200 A regulable para cada túnel y el interruptor de 3 x 100 A regulable para cada sistema de refrigeración instalado en la cámara. Todos los interruptores van instalados en el tablero TDF.

### **Selección cables de alimentación**

Partimos del amperaje total indicado en las tablas 4.12 y 4.13 apéndice A, con lo cual seleccionamos los cables de alimentación que se muestran en los catálogos de los fabricantes.

Luego verificamos la caída de tensión a partir de la fórmula siguiente:

$$\Delta V = \frac{(Cv) (I) (L)}{1,000}$$

Donde:

$\Delta V$  = Caída de tensión entre fases no mayor de 5%.

$Cv$  = Coeficiente de caída de tensión (V/amp-Km ) de tabla fabricante.

$I$  = Consumo de corriente nominal de los equipos.

**L = Longitud de cable (m).**

**Luego si la caída de tensión calculada es menor al 5% procedemos a aplicar los factores de corrección por agrupamiento de cables y temperatura ambiente a la capacidad de corriente del cable seleccionado, con lo cual tenemos la capacidad real del cable que debe ser mayor al requerido en las tablas 4.12 y 4.13.**

**Los cables de tierra para las unidades de la cámara y túnel fueron seleccionados usando las tablas del código eléctrico nacional. En las tablas 4.14 y 4.15 apéndice A, muestra el resumen seguido para la selección de cables.**

## **CAPITULO 5**

### **TUBERIAS Y ACCESORIOS**

#### **5.1 Dimensionamiento de las tuberías de refrigeración**

Para el dimensionamiento de las tuberías de refrigeración, se usa como referencia el Capítulo 2 (System Practices for Halocarbon Refrigerants) del manual "2006 ASHRAE Refrigeración Handbook". Para la selección del diámetro de tuberías es necesario determinar previamente la capacidad, temperatura de evaporación y longitud equivalente.

Se debe tener en cuenta que en la tubería de succión, seleccionar un diámetro de tubería menor al necesario producirá una excesiva caída de presión ocasionando una pérdida considerable en la capacidad y eficiencia del sistema. Si por el contrario sobredimensionamos el diámetro de tubería resultará que la velocidad del refrigerante será tan baja que no habrá un retorno de aceite adecuado al carter del compresor. Cuando se instale tuberías verticales en la succión el tubo debe ser lo suficientemente pequeño de modo que la velocidad del vapor en el tubo vertical bajo condiciones de carga mínima sea lo bastante alta para arrastrar el aceite y regresarlo hasta el compresor. Normalmente la

caída de presión no es más que el equivalente al cambio de 1°C en la temperatura de saturación.

En la tubería de líquido la caída de presión excesiva puede generar la vaporización parcial del líquido y ocasionar que la válvula de expansión trabaje ineficientemente. La caída de presión no es más que el equivalente al cambio de 0.5°C a 1°C en la temperatura de saturación.

### **Procedimiento de Selección de Diámetro de las Tuberías.**

1.- De la tabla dada por ASHRAE seleccionamos un diámetro de tubería que para la succión entramos con la temperatura de evaporación, cuidando que la capacidad de tabla sea mayor a la capacidad de refrigeración calculada. Para la tubería de líquido entramos a la tabla con la caída de presión equivalente de 875.6 Pa/m y cuidando que la capacidad de tabla sea mayor a la capacidad de refrigeración calculada.

2.- Con los diámetros de tubería iniciales calculamos las longitudes equivalentes reales tanto para la succión como para líquido.

3.- Estimamos el cambio en la temperatura de saturación ( $\Delta T_s$ ) dada por la siguiente fórmula:

$$\Delta T_s = \Delta T_{\text{tabla}} \times \left( \frac{L_{\text{qreal}}}{L_{\text{qtabla}}} \right) \times \left( \frac{\text{cap}_{\text{real}}}{\text{cap}_{\text{tabla}}} \right)^{1.8} \dots \dots (1)$$

Donde:

$\Delta T_s$ : cambio en la temperatura de saturación (°K/m).

$\Delta T_{\text{tabla}}$ : cambio en la temperatura de saturación indicado en tablas (°K/m).

**Leq real: longitud equivalente de la tubería real (m).**

**Leq tabla: longitud equivalente de la tubería, valor de tabla (m).**

**Cap real: capacidad real del sistema (KW).**

**Cap tabla: capacidad de la tabla a determinada temperatura de evaporación (KW).**

**4.- Si el  $\Delta T_s$  calculado para la línea de succión es menor de  $0.04 \text{ }^\circ\text{K} / \text{m}$  ( $\Delta T_{\text{tabla}}$ ) seleccionamos la tubería considerada para el cálculo de longitud equivalente.**

**5.- Similarmente si el  $\Delta T_s$  calculado para la línea de líquido es menor de  $0.02 \text{ }^\circ\text{K} / \text{m}$  ( $\Delta T_{\text{tabla}}$ ), seleccionamos la tubería considerada para el cálculo de longitud equivalente.**

**Se han tomado las siguientes consideraciones:**

**Para los túneles de congelamiento se considera el túnel de mayor capacidad estimada debido a que todos deben estar en condiciones de congelar cualquier proceso indicado para la pota. Para las cámaras de almacenamiento todos los sistemas tienen la misma capacidad, varían en el recorrido es decir distancia entre la unidad condensadora y evaporadora.**

**En la tabla 5.1, se muestra los diámetros de tubería seleccionados inicialmente para su evaluación.**

Recinto	Temperatura Evaporación (°C)	Capacidad KW	Diámetro Tubería Succión mm.	Diámetro Tubería Líquido mm.
Túnel 1	-35	54.51	79	28
Túnel 2	-35	54.51	79	28
Túnel 3	-35	54.51	79	28
Túnel 4	-35	54.51	79	28
Cámara sistema # 1	-25	24.63	54	18
Cámara sistema # 2	-25	24.63	54	18
Cámara sistema # 3	-25	24.63	54	18

Tabla N° 5.1 Diámetros de tubería

Con los diámetros iniciales evaluamos y concluimos que las tuberías recomendadas para los túneles son: succión 92mm y líquido 28mm. Para los sistemas que se instalarán en la cámara de almacenamiento las tuberías recomendadas son: succión 54mm y líquido 18mm sin embargo usaremos 22 mm por ser dicha medida comercial. Las tablas 5.2 y 5.3 apéndice A, muestran las longitudes equivalentes reales para los diámetros de tubería a usar. Las tablas 5.4 y 5.5 apéndice A, muestran las evaluaciones finales tanto para la tubería de succión como para líquido.

## **5.2 Selección de la válvula de expansión**

Las características del caudal de una válvula de expansión tienen un efecto decisivo sobre el funcionamiento del sistema total, debemos seleccionar una válvula que proporcione suficiente refrigerante para equilibrar el caudal del compresor en todas las condiciones de admisión y condensación. Para la selección de la válvula necesitamos como datos el punto de equilibrio,

encontrado en la selección de las unidades, la temperatura de líquido al ingreso del evaporador y la caída de presión a través de la válvula de expansión.

### **Caída de presión a través de la válvula**

$$\Delta P_v = P_{vi} - P_{vs}$$

Donde:

$\Delta P_v$  = Caída presión alrededor de la válvula.

$P_{vi}$  = Presión a la entrada de la válvula.

$P_{vs}$  = Presión a la salida de la válvula.

$$P_{vi} = P_{cond} - \Delta P_L$$

$\Delta P_L$  = Perdidas desde condensador hasta el ingreso a la válvula: caída presión en la línea líquido + caída presión en los accesorios (Filtro, válvula).

$$P_{vs} = P_{evap} + \Delta P_d$$

$\Delta P_d$  = Caída de presión en el distribuidor de líquido.

$$\Delta P_v = (P_{cond} - \Delta P_L) - (P_{evap} + \Delta P_d)$$

$$\Delta P_v = (P_{cond} - P_{evap}) - (\Delta P_L + \Delta P_d)$$

La caída de presión en la línea de líquido no debe ser mayor 34.05 Kpa. y en el distribuidor de líquido 238.35 Kpa. Para el procedimiento de selección hemos empleado el siguiente método indicado por Sporlan, fabricante de válvulas de expansión:

1. Partiendo del punto de equilibrio, seleccionamos en las tablas del fabricante la "capacidad de la válvula".
2. Determinación de la temperatura del líquido al ingreso de la válvula con la cual podemos fijar un factor de corrección si la temperatura de líquido es diferente a 40°C.

3. Determinación de la caída de presión alrededor de la válvula con lo cual podemos fijar un factor de corrección por caída de presión.
4. Para encontrar la capacidad real multiplicamos la capacidad nominal por los factores de corrección, dicha capacidad debe ser lo más próximo a la capacidad del punto de equilibrio.

El resumen mostrado en la tabla 5.6 apéndice A, nos permite seleccionar en la marca Sporlan, para los túneles las válvulas de expansión modelo OSE 30 de capacidad nominal 106 KW y para los equipos de la cámara modelo EBSSE 13 de capacidad nominal 46 KW.

### **5.3 Accesorios del sistema**

Vamos a seleccionar para los sistemas en mención las válvulas solenoides de líquido, filtros para la línea de líquido y succión.

#### **Válvula solenoide de líquido:**

La información necesaria para seleccionar la válvula solenoide para la línea de líquido es: el tipo de refrigerante; caída de presión en la válvula, capacidad del sistema en KW y las especificaciones eléctricas. Las tablas según Sporlan, fabricante de dichas válvulas, se basan en una temperatura de líquido de 38°C para otras temperaturas hay que aplicar un factor de corrección a la capacidad dada. La caída de presión recomendada en las válvulas es de 20.43 Kpa pudiendo seleccionar a 34.05 Kpa como máximo y 6.81 Kpa como mínimo.

**Filtros para la línea de líquido:**

Para seleccionar los filtros en la línea de líquido necesitamos conocer: el tipo de refrigerante, capacidad del sistema en KW.

**Filtros para la línea de succión:**

Para seleccionar los filtros en la línea de succión necesitamos conocer: el tipo de refrigerante, capacidad del sistema en KW, temperatura de evaporación.

**Válvulas de bola:**

Para las válvulas de bola solo necesitamos conocer el diámetro de tubería.

## **CAPITULO 6**

# **INSTALACION Y OPERACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACION**

### **6.1 Instalación de Paneles**

#### **Trabajos previos:**

Preparar la poza donde se instalarán las planchas de poliuretano para el aislamiento de piso, así para el caso de los túneles la depresión será de -225 mm del nivel de piso terminado y para la cámara de almacenamiento de -200 mm, el piso en la poza debe ser semi-pulido para que la aplicación de la barrera de vapor sea más eficiente. Trace la ubicación de la cámara comprobando que este perfectamente cuadrado con las medidas, colocar en el piso sobre el trazo un ángulo de aluminio de 30 x 30 x 1.5 mm previamente se debe colocar un cordón de silicona blanca debajo del ángulo él cual se expande contra el piso y por medio de clavos hilti fijar dichos ángulos al suelo.

La instalación de los paneles laterales se debe comenzar por alguna de las esquinas de la cámara que muestre el ensamble de dos paneles de 1149 mm., verificado a su vez el plano de planta de la misma. Antes de comenzar el montaje, se debe instalar la moldura cierre en uno de los paneles, presentar en la esquina correspondiente del piso y ensamblar con el siguiente panel formado una escuadra, la fijación de los paneles esquineros a la moldura cierre se

realiza con remaches por 4.8 x 12 mm cada 400 mm., los paneles laterales van montados sobre los ángulos instalados previamente en el piso, luego se continúa instalando los restantes paneles hasta completar una de las caras de la cámara. A continuación, seguir la instalación de acuerdo a como se muestra en el plano general de planta de la cámara, donde se indica las medidas de los paneles que se deben cortar para el ajuste y respetar las medidas de diseño. Respecto de la posición de los paneles, se deben dejar con las perforaciones de los ganchos excéntricos hacia el interior de la cámara, estos ganchos permiten ensamblar los paneles entre sí, ya que sólo se remachan las uniones de los paneles esquineros. Antes de completar el cierre de la cámara, se deberá trazar la ubicación de puerta y realizar el corte del vano de ésta. Una vez realizada ésta operación, cerrar el rectángulo de la cámara de acuerdo a lo mostrado en el plano.

El montaje de los paneles techos, se debe iniciar por un panel de 1149mm. el que se presenta y se fija al panel lateral con el correspondiente perfil de aluminio fijación sanitario, que a su vez permite instalar el perfil sanitario de PVC por el interior de la cámara (ver Fig. B.1 y B. 2 apéndice B), al mismo tiempo los paneles techos se cuelgan (cuando corresponda) a la estructura superior (existente), a través del sistema de fijación que corresponda, esto es, tensor simple o doble. Seguidamente, se instalan los restantes paneles con sus correspondientes tensores, para terminar con el panel de ajuste que indica el plano. Cuando los largos de los paneles superan los 5 metros o bien cuando se unan dos paneles techos en el largo, estos deben llevar tensor simple o doble, luego se debe ubicar en el plano de planta de proyecto la ubicación de dichos tensores.

Una vez completado el armado de la cámara, se debe realizar el proceso de sellado de todas las uniones de los paneles, este sellado se hace con silicona color blanca tanto exterior como interiormente. Además, en esta etapa se deben colocar los tapones plásticos color blanco, en todas las perforaciones existentes para el accionamiento de los ganchos excéntricos. Después de sellada e instalados por el interior de la cámara el perfil de fijación de aluminio (todo el perímetro interior superior del gabinete y bajadas), instalar el perfil sanitario de PVC que se monta a presión en el perfil ángulo ya instalado.

En seguida, se debe iniciar el montaje del remarco de la puerta, que está compuesto por tres piezas (dos largueros y un travesaño), y tres (3) molduras interiores que cubren el canto del remarco y del panel (ver figura B.3 apéndice B). En primer lugar se debe armar el remarco (ya perforado para fijarlo), es decir los dos largueros y el travesaño, para posteriormente presentarlo alrededor del vano ya cortado y cuadrado para marcar las perforaciones que se le deben hacer al panel. Una vez que se marcaron y realizaron las perforaciones (remarco y molduras interiores), se fija el remarco junto con el conjunto de molduras, a través de una varilla de zincada que por su interior irá con una tapa cónica de PVC y en su exterior un anillo plano de 3/8" zincado, más un anillo a presión y su respectiva tuerca hexagonal, utilizando un tapón de 23 mm de diámetro para cubrir dichas perforaciones. Como segundo paso se debe colocar por todo el perímetro del remarco el perfil puente térmico de PVC fijado a presión dentro de la cavidad dispuesta para ello. Por último se debe colocar la puerta de la cámara, la cual debe quedar con un traslape de 35 mm en todo su

perímetro vertical a igual que la parte superior de la puerta, en cambio la parte inferior debe quedar con una diferencia de 15 mm desde el nivel del piso.

En la puerta de abatir de los túneles, se considera una resistencia en todo el perímetro ubicado en el remarco de esta, para eso se disponen de un porta y cubre calefactor que son dos perfiles complementarios en el cual se debe instalar la resistencia. Y para el piso, se dispone de una pieza especial, denominada guarnición inferior que cumple la función de travesaño inferior, en el cual también se debe instalar estos dos perfiles complementarios. Para las cámaras con piso de cemento, se debe embutir el remarco en el piso, luego se debe colocar una pieza especial que cumple la misma función que el cubre calefactor inferior, o sea evitar el congelamiento en la parte inferior de la puerta.

## **6.2 Aislamiento de piso**

### **Trabajos previos:**

Como se mencionó anteriormente es necesario evitar el congelamiento del piso sobre todo en recintos que van a trabajar a temperaturas inferiores  $-15^{\circ}\text{C}$ , el sistema que hemos utilizado es el de canales de ventilación el cual consiste en colocar tubos de 4" espaciados 1,000 mm empotrados en el contra piso o concreto con la cual el aire circulará en forma natural, evacuando el frío que atraviesa el aislante, para que el aire circule por los tubos de modo natural es preciso prever una pequeña diferencia de cotas ente el orificio de entrada y salida de aire en los tubos.

**Instalación de barrera de vapor:**

La barrera de vapor es una membrana impermeable al vapor de agua que debe instalarse en la cara más caliente del aislamiento. Esta barrera evitará el paso del vapor de agua que en nuestro caso de no haberse instalado en los túneles y cámaras con el tiempo se hubiese formado hielo llegando a destruir el aislamiento, debido a que dichos recintos operaran a temperaturas bajo cero. La barrera de vapor puede ser formado con compuestos asfálticos o membranas de polietileno. Para nuestro caso hemos utilizado compuestos asfálticos, el modo de aplicación es muy sencillo, con una brocha o rodillo a temperatura ambiente aplicamos sobre toda la superficie semipulida del piso cubriéndola perfectamente, es recomendable aplicar en áreas ventiladas pudiéndose aplicar en áreas cerradas, su rendimiento es aproximadamente 8m<sup>2</sup>/galón dependiendo de la porosidad superficial.

**Instalación del Aislamiento:**

Previa a la instalación es necesario habilitar las planchas de poliuretano adecuándolas de manera de poder cubrir toda la superficie de la poza sin ningún problema, las planchas vienen a la medida de 2.40 m x 1.20 m.

Luego se colocan sobre la barrera de vapor utilizando planchas de 62.5 mm de espesor para los túneles y 50 mm para la cámara formando 2 capas para lograr el espesor requerido, para lograr una buena adherencia entre capas utilizamos pegamento asfáltico. Luego de instalado el aislamiento colocamos una segunda capa de barrera de vapor para lo cual utilizamos polietileno de 0.3 mm de espesor aproximado. Sobre la segunda capa se fabrica un enrejado metálico con varillas de fierro de 3/8" y finalmente vaciamos cemento hasta lograr una capa de 100 mm de espesor de piso con una pendiente hacia la puerta.

### **6.3 Instalación de las unidades condensadoras y evaporadoras.**

#### **Instalación de unidades condensadoras:**

Las unidades condensadoras fueron instaladas teniendo en cuenta lo siguiente:

1. Fue ubicado en un espacio que asegura la libre circulación de aire evitando la recirculación, hemos dejado entre unidades con lados adyacentes y entre la pared-unidad una distancia equivalente al ancho de la unidad condensadora, con estas consideraciones estamos asegurando un adecuado flujo de aire y acceso a todos los lados de la unidad.
2. Hemos alineado las unidades dejando un espacio entre ellas de 1.20m para poder abatir libremente la puerta de los tableros eléctricos.
3. Todas las unidades condensadoras fueron instaladas sobre unas bases de fierro fijadas al piso, para lo cual se utilizó un montacarga.

#### **Instalación de las unidades evaporadoras:**

Las unidades evaporadoras fueron instaladas teniendo en cuenta los siguientes criterios:

1. El aire que circula debe cubrir todo el túnel o cámara.
2. Hemos instalado los evaporadores alejados de las puertas para evitar infiltraciones de aire.
3. Hemos ubicado los evaporadores considerando la mejor distribución de la estantería para el caso de la cámara de almacenamiento y parihuelas para el caso del túnel.
4. Considerando la ubicación de las unidades condensadoras establecidas inicialmente, la ubicación de los evaporadores fue de manera de tener el menor recorrido de tuberías.

5. Por recomendaciones de los fabricantes se ha dejado el espacio adecuado entre evaporadores y los paneles del túnel o cámara.

Si no tenemos ningún dato del fabricante de acuerdo al manual de instalación y operación del Heatcraft, el espacio entre evaporador y panel debe ser equivalente a la mitad del ancho del evaporador y la separación entre evaporadas igual al ancho del evaporador. Todos los evaporadores fueron fijados de la estructuras exteriores de la planta, teniendo cuidado del corte térmico para evitar la condensación y la ganancia de calor a través de las varillas roscadas usadas para fijar los evaporadores a la estructura. En todos los drenajes de los evaporadores fueron instalados unas resistencias cubiertas por mangueras aislantes para evitar el congelamiento del agua que drena. La pendiente del tubo de drenaje es de 330 mm/m, para asegurar una rápida evacuación.

#### **6.4 Instalación de las tuberías de refrigeración.**

Las unidades condensadoras y evaporadoras se interconectaron con tuberías de cobre tipo L. Hemos usado en toda la instalación nitrógeno a baja presión fluyendo dentro de la tubería cuando se estaba soldando, con esta aseguramos que el interior de la misma quede relativamente libre de oxido y acumulación que pueda obstruir más tarde pequeños orificios en válvulas solenoides, válvulas de expansión y otros componentes usados en el sistema. En los tramos horizontales fueron instalados soportes cada 1.5 m. , con una pendiente de la tubería hacia el compresor de 12.5 mm por cada 3 metros lineales. Para la instalación se usaron codos de radio largo porque comparativamente son menores las perdidas que los de radio corto además de presentar estos un

desgaste interno que pueden provocar fallas del mismo. Tanto la tubería de succión como la de líquido fue aislado con espuma elastomérica (mangueras aislantes) y luego enchaquetado con planchas de fierro galvanizado.

### **6.5 Presurizado, vacío y carga del sistema.**

El siguiente es el procedimiento utilizado para el presurizado, vacío y carga de los sistemas de refrigeración instalados:

#### **Presurizado:**

1. Los interruptores térmicos que dan voltaje a los compresores y al circuito de control deben estar apagados.
2. Abrimos las válvulas de succión y descarga de los compresores. Del mismo modo las válvulas de líquido, control de aceite y todas las de mano instaladas en el sistema.
3. Energizamos el sistema de control para activar las solenoides de líquido, teniendo cuidado de dejar desactivado las resistencias de descongelamiento.
4. Presurizamos el sistema con 50 psi de refrigerante y luego agregamos nitrógeno para alcanzar una presión de 200 psi.
5. Inspeccionamos todo el sistema especialmente las juntas, vemos si existe caída de presión en los manómetros. Una rápida caída nos hubiera indicado que hay fugas.
6. Dejamos presurizado todo el sistema durante 12 horas con la botella de nitrógeno cerrada. Si no se observan cambios de presión se puede asumir que el sistema esta libre de fugas.

#### **Vacío:**

1. Conectamos la bomba o bombas de vacío al sistema.

2. Estamos seguros de que las válvulas de succión, descarga, líquido, entrada y salida del receptor, instalados en el sistema estén abiertas.
3. El sistema debe alcanzar 500 micrones de vacío y mantenerlo.
4. Cuando logramos esto podemos decir que el sistema está listo para cargar el refrigerante, un vacío mantenido a 500 micrones es la mejor manera de asegurar que el sistema está libre de humedad y aire.

#### Carga del sistema:

1. Todas las mangueras de carga deben estar limpias y purgadas para asegurar un sistema libre de aire y humedad.
2. No se debe permitir que el refrigerante líquido llegue a los compresores. El líquido no se puede comprimir y esto dañara a los compresores.
3. Conectamos los manómetros al sistema para poder ver la presión de alta y baja.
4. Verificamos que los compresores tienen el nivel de aceite adecuado.
5. Conectamos el manifold con un filtro secador en la manguera de carga a la botella de refrigerante y otra manguera a la válvula de entrada del tanque receptor, la válvula de salida debe permanecer cerrada.
6. Llenamos el tanque receptor con todo el refrigerante que pueda tomar.
7. Conectamos nuevos manómetros con un filtro secador en la manguera de carga conectada a la válvula de salida del receptor y otra manguera conectada a una segunda botella de refrigerante.
8. Verificamos que la válvula de servicio esta cerrada.
9. Abrimos lentamente la válvula de la botella de refrigerante en la fase de líquido e inyectamos todo el refrigerante que se pueda. El vacío deberá succionar prácticamente todo el refrigerante de la botella.

## **6.6 Configuración del controlador de temperatura.**

Para el control de temperatura hemos instalado por cada túnel y cámara controladores digitales marca Full Gauge con lo cual programamos la temperatura deseada, ciclos de descongelamiento, retardo del funcionamiento de los ventiladores luego del deshielo controlando para tal fin el funcionamiento del compresor, resistencias eléctricas y ventiladores. En la tabla 6.1 apéndice A se muestra la configuración hecha en el controlador para los túneles y en la tabla 6.2 para la cámara de almacenamiento.

## **6.7 Recomendaciones antes del arranque**

Antes del arranque se debe inspeccionar lo siguiente:

1. Todas las válvulas de servicio y manuales instalados en el sistema deben estar abiertas.
2. Verificar el nivel de aceite en los compresores.
3. Verificar que la corriente de suministro sea igual al indicado en la placa del equipo.
4. Medir el desbalance entre fases de corriente no debe ser mayor de 2%.
5. Precalentar el aceite de los compresores por lo menos 12 horas antes del arranque.

Todas las unidades tiene sus dispositivos de seguridad tales como protección contra sobre cargas de los motores, controles de alta y baja presión, control de la presión de aceite para asegurar su retomo y lubricación adecuada de los compresores. Para evitar los picos de corriente en la arranque la unidad cuenta

con un temporizador para retrasar el arranque del segundo compresor. El funcionamiento de las unidades es automático los controladores gobiernan el funcionamiento de los compresores, ventiladores de los evaporadores y resistencias de deshielo de acuerdo a la configuración efectuada, si alguna de las unidades condensadoras permaneciera por un periodo de tiempo prolongado sin energía eléctrica es recomendable calentar el aceite antes de poner en marcha para lo cual es necesario levantar la llave general del tablero para dejar energizada la unidad, para el caso de una interrupción en el suministro eléctrico de ser posible recomendamos desconectar las llaves generales de los equipos con la finalidad de evitar las fluctuaciones o picos de corriente.

### **6.8 Pruebas y regulaciones**

Cargado de refrigerante el sistema, y verificado el nivel de aceite en las compresoras, así como las válvulas de servicio abiertas se procede a la puesta en marcha. El lanzamiento inicial de los equipos se hace sin carga, controlando permanentemente el funcionamiento del sistema de refrigeración para asegurar que no hay líquido retornado al compresor, verificando el nivel de aceite de los compresores como mínimo  $\frac{1}{4}$ " del visor de vidrio. Durante las pruebas sin carga verificamos las presiones de succión, líquido, temperatura del túnel o cámara, así como el voltaje y amperaje de los diferentes sistemas, regulamos los controles de seguridad tales como los presostatos de baja y alta para que el sistema trabaje dentro de los límites recomendados de acuerdo al refrigerante utilizado, así como también regulamos los presostatos utilizados para el control de funcionamiento de los ventiladores del condensador para evitar que la presión del lado de alta baje excesivamente en épocas de baja temperatura

ambiente. En la tabla 6.3, 6.4 y 6.5 apéndice A se muestra algunos valores recomendados por Krack fabricante de las unidades, para la regulación de los presostatos mencionados.

Después que el sistema ha estado operando por espacio de 1 hora sin indicación de problemas verificamos periódicamente los parámetros de funcionamiento. El ajuste del sobrecalentamiento de las válvulas de expansión para sistemas de baja temperatura debe estar entre 2°C a 3°C de acuerdo a recomendaciones del fabricante Sporlan con lo cual aseguramos que no retorne líquido a los compresores.

Durante las pruebas del descongelamiento eléctrico verificamos la carga en amperios y la comparamos con la indicada en la placa, así como los tiempos y ciclos de descongelamiento están de acuerdo con lo programado en el controlador.

#### **6.9 Programa de Mantenimiento:**

Para garantizar el funcionamiento de los equipos eficientemente es recomendable un mantenimiento periódico de acuerdo a un programa de mantenimiento. Como resumen podemos indicar que es necesario chequear el nivel de aceite en el compresor, así como tomar lectura de las presiones del refrigerante y efectuar una inspección visual de probables fugas. La limpieza de los serpentines del condensador recomendamos efectuarla mensualmente para evitar la acumulación de polvo lo cual origina una disminución en la eficiencia del condensador que se refleja en presiones de trabajo elevadas y mayores

consumos de corriente, para esto existen líquidos limpiadores que eliminan totalmente polvo, grasa insectos, etc.

Se debe verificar visualmente una vez al mes que los ventiladores de los evaporadores trabajen normalmente que junto a sus parámetros eléctricos nos dan la idea como se encuentran trabajando, el no funcionamiento de algún motor origina formación de hielo en el serpentín disminuyendo la eficiencia del evaporador y del sistema que se refleja en el aumento de la temperatura del producto en la cámara. Se recomienda trimestralmente verificar el funcionamiento de los dispositivos de protección del equipo tal como el presostato de baja, alta, control de aceite, temporizadores.

Mensualmente se debe verificar el estado de las resistencias de las puertas, sellos de las cámaras. La verificación del sensor de temperatura debe efectuarse comprando el que indica en el display del controlador con un termómetro manual y si fuese el caso calibrar.

### **Recomendaciones generales de mantención para paneles, puertas y sistemas de fijación de techos**

#### **Paneles:**

- Para la limpieza de los paneles, se debe utilizar detergentes neutros.
- Utilizar máquinas hidrolavadoras, que no superen una presión de 25 Psi.
- Realizar el lavado de los paneles a una distancia mayor a un metro, con el chorro de las máquinas hidrolavadoras.
- Evitar todo tipo de ralladuras sobre la superficie de los paneles y no dañar el acero prepintado.

- Cuando se presenten ralladuras sobre los paneles, proteger de inmediato con pintura adecuada al uso que se esta dando al recinto.
- Evitar los golpes con elementos pesados; ya que, estos provocan abolladuras que son difíciles de reparar.
- Nunca utilizar disolvente para eliminar las manchas sobre los paneles, solo detergentes neutros.

#### **Sistemas de fijación de techos:**

- Revisar cada cierto tiempo (trimestralmente), los sistemas de fijación de los techos, ya sea tensores, piolas y placas de amarres.
- Mantener las fijaciones de los techos con cierto grado de tensión, para estar seguros que están actuando como tales (tensores).
- Revisar las fijaciones de las piolas (candados), por posibles desplazamientos que puedan ocurrir con el tiempo (trimestralmente).
- No soltar las fijaciones de los techos, cuando se efectúen reparaciones o modificaciones sobre los mismos, estos actúan como elementos de seguridad.
- No eliminar las fijaciones de techos, aunque no estén sometidas a esfuerzos.

#### **Puertas en general:**

- Revisar cada cierto tiempo (una vez al mes), los sistemas de las puertas, bisagras, cierres y correderas, verificando que se encuentren en buen estado.
- Reapretar los elementos de fijación (tomillos), periódicamente y efectuar las regulaciones de las puertas (mensualmente).
- Aceitar y engrasar los sistemas de correderas, bisagras y cierres con elementos neutros para su mejor funcionamiento (trimestralmente).

- **Chequear periódicamente la apertura y cierre de las puertas.**

## **CAPITULO 7**

### **ESTRUCTURA DE COSTOS DEL PROYECTO**

El presente capítulo consiste en la determinación del costo del proyecto. Para poder obtenerlo es necesario realizar dos procedimientos. El primero es el metrado de los planos y esquemas. El metrado consiste en la elaboración de un listado de todos los elementos que se fabricarán o comprarán y servicios que se brindarán por terceros. El segundo paso es el presupuesto, que resulta de obtener el costo de los elementos metrados y de los trabajos desarrollados para la instalación y puesta en marcha que permitirán la operación del sistema de refrigeración. En la evaluación de los diferentes costos se toma como base precios patrones y ratios utilizados por empresas líderes en el mercado peruano, tanto en lo referente a importación de equipos, como en los trabajos de instalación y fabricación de estos.

#### **7.1 Costos de Equipos y Accesorios del Sistema de Refrigeración**

El costo de los equipos y accesorios está compuesto por:

- a) Costo de los equipos de refrigeración.
- b) Costo de las tuberías, accesorios y aislamiento del sistema de refrigeración.
- c) Costo de Paneles y planchas de poliuretano.
- d) Costo de accesorios para túneles y cámara.
- e) Costo de materiales eléctricos.

### **7.1.1 Costo de los equipos de refrigeración**

Se debe tener presente que para el caso de equipos, se cotizó con precios que incluyen además del precio FOB, costos de fletes, embarques y despachos de aduanas. La tabla 7.1 muestra el costo de los equipos de refrigeración para los túneles y la tabla 7.2 muestra el costo de los equipos de refrigeración para la cámara de almacenamiento (ver apéndice A). Dichos precios incluyen los accesorios de los equipos, necesarios para la instalación en el sistema. En la tabla 7.3 se muestra el costo total de los equipos de refrigeración.

Costo Total de los Equipos de Refrigeración		
Subtotal 1 de costo equipos de refrigeración de túneles		154,876.00
Subtotal 2 de costo equipos de refrigeración de cámara		51,090.00
Costo total de equipos de refrigeración (sin IGV)	US \$	205,966.00
IGV 19%	US \$	39,133.54
Costo total equipos de refrigeración	US \$	245,099.54

Tabla N° 7.3 Costo total de los equipos de refrigeración

### **7.1.2 Costo de tuberías, accesorios y aislamiento**

Representa el costo de las tuberías, accesorios de cobre, aislamiento, controles, soldadura, refrigerante y otros, empleados en la instalación del sistema de refrigeración para los túneles y cámaras. En la tabla 7.4 (ver apéndice A) muestra el costo de todos los accesorios utilizados en la instalación.

### **7.1.3 Costo de paneles y planchas de poliuretano**

Representa el costo de los m<sup>2</sup> de Paneles de Poliuretano necesarios para la construcción de los túneles de congelación y cámara de almacenamiento, así como el costo de las planchas de poliuretano para el aislamiento de pisos. En la tabla 7.5 (ver apéndice A) muestra el costo de paneles y planchas de poliuretano utilizados en la instalación.

### **7.1.4 Costo de accesorios para túneles y cámara**

En el costo de los accesorios incluye puertas, cortinas, ángulos, perfiles, molduras para los acabados de los túneles y cámara así como remaches, silicona y otros materiales complementarios. En la tabla 7.6 (ver apéndice A) muestra el costo de accesorios para túneles y cámara utilizados en la instalación.

### **7.1.5 Costo de materiales eléctricos**

El costo de los materiales eléctricos incluye:

Costo del tablero de distribución TDF con sus respectivos interruptores termomagnéticos para cada una de las unidades de los túneles y cámara.

Cables de alimentación desde el tablero de distribución TDF a las diferentes unidades con sus respectivas tuberías PVC SAP para el entubado. Cables de alimentación con sus respectivas tuberías desde el tablero de las unidades a los ventiladores y resistencias ubicadas en las unidades Evaporadoras. Accesorios complementarios para el entubado y cableado de las diferentes unidades, como conectores, prensaestopas, cintillos, cajas de pase, tubería flexible y otros. En la tabla 7.7 (ver apéndice A) muestra el costo de materiales eléctricos.

El costo total de equipos y accesorios del sistema de refrigeración se muestra en la tabla 7.8.

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo Total US\$</b>
1	Costo total de los equipos de refrigeración.	245,099.5
2	Costo total de las tuberías, accesorios y aislamiento.	68,742.7
3	Costo total de paneles y planchas de poliuretano	174,470.7
4	Costo total de accesorios para túneles y cámara	52,780.7
5	Costo total de materiales eléctricos	15,074.9
	<b>Costo total de los equipos y accesorios del sistema de refrigeración.</b>	<b>556,168.5</b>

Tabla N° 7.8 Costo total de equipos y accesorios

## **7.2 Costo de Instalación y Puesta en Marcha**

En esta segunda parte, se muestran los costos que involucran los trabajos necesarios para la instalación de los equipos del sistema de enfriamiento y la puesta en marcha que garantiza un correcto funcionamiento. Los trabajos mencionados requieren de la participación de personal especializado, este personal está compuesto de la siguiente manera: ingenieros, técnicos y ayudantes. Las remuneraciones estimadas por cada trabajador son las siguientes:

Ingeniero: US\$ 80 / día.

Técnico: US\$ 25 / día.

Ayudante: US\$ 12 / día.

Los costos de instalación y puesta en operación se dividen en:

- a) Costo de Instalación y puesta en marcha del sistema de refrigeración.
- b) Costo por el armado de túneles y cámara.

Para cada trabajo, se deberá asignar el número de trabajadores (ingeniero, técnicos y ayudantes) requeridos, dependiendo de la complejidad que demande el trabajo.

### **7.2.1 Costo de Instalación y puesta en marcha de los equipos**

El costo de la instalación y puesta en marcha incluye el montaje de las unidades, instalación de soportes, tuberías, accesorios de cobre, aislamiento, entubado, cableado y conexiones eléctricas, pruebas de presurizado, vacío, carga de refrigerante, puesta en operación y regulaciones necesarias para el buen funcionamiento del sistema. En la tabla 7.9 (ver apéndice A) muestra el costo de instalación y puesta en marcha del sistema.

### **7.2.2 Costo por el armado de túneles y cámara**

El costo incluye aislamiento de pisos, montaje de paneles, puertas, accesorios, sellado y acabados de los diferentes túneles y cámara de almacenamiento, la tabla 7.10 (ver apéndice A) muestra dichos costos.

Los costos totales de instalación de equipos y puesta en marcha se muestran en la tabla 7.11.

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo Total US\$</b>
1	Costo de instalación y puesta en marcha del sistema de refrigeración.	30,523.5
2	Costo por el armado de túneles y cámara	29,394.4
	<b>Costo de instalación y puesta en marcha</b>	<b>59,917.9</b>

Tabla N° 7.11 Costo total de instalación y puesta en marcha

Finalmente el costo total del proyecto se muestra en la tabla 7.12

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo Total US\$</b>
1	Costo total de equipos y accesorios	556,168.5
2	Costo total de instalación y puesta en marcha	59,917.9
	<b>Costo total del proyecto</b>	<b>616,086.4</b>

Tabla N° 7.12 Costo total del proyecto

## **CONCLUSIONES**

- El mejor procedimiento para la conservación por largo tiempo de alimentos fácilmente deteriorables y en especial de los pescados y mariscos, manteniendo al máximo sus cualidades de producto fresco es el de congelación y mientras más rápido sea el proceso de congelación a bajas temperaturas es mejor conservada su calidad de producto fresco.
- Durante el proceso de congelación el tiempo que transcurre desde la temperatura inicial del producto hasta la temperatura deseada, depende del método de congelación empleado, tamaño, forma, propiedades físicas y químicas del producto y finalmente el tipo de envasado. Durante el proceso de congelamiento se puede apreciar 3 fases, en la primera se produce el enfriamiento del producto desde su temperatura inicial hasta la de congelamiento el cual transcurre en un tiempo relativamente corto, en la segunda fase se produce la congelación propiamente dicha y es en este tramo donde se extrae el calor latente del producto, si vemos la curva de temperatura del producto vs. tiempo transcurrido del proceso teóricamente tendría que discurrir horizontalmente, es la fase que más demora, por último luego del congelamiento se produce la fase de postenfriamiento en la cual se alcanza la temperatura deseada. Para nuestro proyecto el tiempo de congelamiento de la pota fileteada, embolsada y colocada sobre bandejas es de 12 horas en el túnel,

para el caso de la papa seca el proceso de congelamiento demora aproximadamente 7 horas.

- El correcto funcionamiento del sistema de refrigeración depende principalmente de la selección adecuada de las unidades de condensación, evaporación y del elemento de expansión, los cuales deben balancearse adecuadamente. El diseño de tuberías debe hacerse de manera tal que se minimice las pérdidas de presión porque de darse excesivamente el sistema pierde capacidad de refrigeración.
- Seleccionamos el refrigerante R404A para ser usado en nuestro proyecto básicamente por permitirnos usar solo una etapa de compresión, como hemos visto el hecho de tener una relación de presión ( $P_{\text{cond}} / P_{\text{evap}}$ ) alta nos indica que la presión de descarga es alta y por lo tanto la temperatura de descarga anormal. Si lo comparamos con el R717 que para bajas temperaturas es el de mejor COP, sin embargo el costo de inversión del sistema es mayor, necesitamos trabajar con 2 etapas de compresión, el trabajo de compresión es mayor con el R717 que con R404A. Es también importante mencionar que dicho refrigerante no presenta contaminación a la capa de ozono.
- Un criterio muy importante que se debe considerar en el diseño de instalaciones frigoríficas es la flexibilidad del sistema, es decir la posibilidad de trabajar independientemente con cualquier equipo. De esta manera, en nuestro proyecto cada túnel tiene sus unidades independientes y para la cámara de almacenamiento cada unidad condensadora cuenta con su unidad evaporadora.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Revista internacional Seafood today publicado en la Word Web Wide.  
<http://www.seafood-today.com>
- 2) “Estadísticas Pesqueras” publicado en la Word Web Wide.  
<http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/paita/pota>
- 3) Stoecker, Wilbert “Refrigeración y Acondicionamiento de Aire” Ed. McGraw-Hill.  
Tercera Edición, México 1982.
- 4) Roy J. Dossat, “Principios de Refrigeración”. Compañía Editorial Continental.  
Cuarta Edición, México 1981.
- 5) Tressler and Ever, “The Freezing Preservation of Foods”. The Avi Publishing  
Co., Inc. Third” Edition England 1985.
- 6) Pohlmann, Walter, “Manual de Técnica Frigorífica”, Ediciones Omega,  
Barcelona 1984.
- 7) Pablo Amigo Martín “Tecnología del frío y frigoconservación de alimentos”.  
Ediciones A. Madrid Vicente. Primera edición año 2,005.
- 8) Pablo Melgarejo Moreno “Cámaras frigoríficas y Túneles de enfriamiento  
rápido”. Ediciones A. Madrid Vicente. Año 2,000.
- 9) ASHRAE “2006 Ashrae Handbook Refrigeration”, (New York, Ashrae Inc.,  
2006).
- 10) Ernesto Sanguinetti Remusgo “Tratado Práctico de Refrigeración” Editado por  
Tecnilibros SA.
- 11) CELSA, “Manual para el Profesional en Electricidad”, Segunda Edición 2002.

12) BOHN “Manual de Ingeniería” publicado en:

<http://www.bohn.com.mx>

13) BOHN “Manual de instalación del sistema de refrigeración” publicado en:

<http://www.bohn.com.mx>

# **APENDICE A**

## **TABLAS**

<b>Recinto</b>	<b>Temp. del Recinto</b>	<b>Temp. Inicial del producto</b>	<b>Temp. final del producto</b>
Recepción	5 °C	10 °C	10 °C
Sala de Procesos	12 °C	10 °C	17 °C a 22 °C
Antecámara	5 °C	17 °C a 22 °C	14 °C a 20 °C
Túnel de Congelación No 1	-35 °C	14 °C a 20 °C	-18 °C
Túnel de Congelación No 2	-35 °C	14 °C a 20 °C	-18 °C
Túnel de Congelación No 3	-35 °C	14 °C a 20 °C	-18 °C
Túnel de Congelación No 4	-35 °C	14 °C a 20 °C	-18 °C
Sala de Empaque	5 °C	-18 °C	-17 °C
Cámara de Almacenamiento	-20 °C	-16 °C	-18 °C
Sala de Despacho	5 °C	-18 °C	-18 °C

Tabla N° 2.1. Temperaturas ambientales y del producto

<b>PROCESO</b>	<b>TEMPERATURA AMBIENTE</b>	<b>DESCRIPCION</b>
Captura		El producto desde su captura es mantenido con hielo para tener temperaturas cercanas a 0 °C
Recepción	0 °C a 5 °C	El producto es decepcionado en sala donde queda hasta su ingreso a proceso
Sala de proceso	12 °C a 16 °C	El producto es limpiado, eviscerado, fileteado y embolsado.
Antecámara	0 °C a 5 °C	El producto embolsado es puesto en bandejas sobre palets hasta su ingreso a túneles.
Túnel de congelamiento	-40 °C a -35 °C	El producto sometido a corrientes de aire a bajas temperaturas y velocidades altas es congelado
Sala de empaque	0 °C a 5 °C	El producto congelado es empacado en cajas de cartón quedando listo para ser almacenado.
Cámara de almacenamiento	-25 °C a -20 °C	El producto congelado es puesto en almacenes por un periodo de tiempo hasta su exportación.
Despacho	0 °C a 5 °C	El producto es llevado a la zona de despacho para su traslado.
Transporte refrigerado	-20 °C a -18 °C	El producto congelado es llevado en camiones refrigerados a los supermercados o Terminal marítimo para su exportación.
Cámara de productos congelados del supermercado	-23 °C a -18 °C	El producto permanece en la cámara hasta su venta.
Vitrina frescos	-2 °C a 0 °C	Exhibición venta producto fresco
Vitrina Congelados	-23 °C a -18 °C	Exhibición venta producto congelado

Tabla N° 3.1 Cadena de frío pescados y mariscos

<b>Espesor aislante mm.</b>	<b>Ancho útil mm.</b>	<b>Coefficiente global de transmisión de calor Watt/m<sup>2</sup>.K</b>	<b>Peso propio Kg./m<sup>2</sup></b>	<b>Luz máximo autoportante mm.</b>
50	1149	0.4905	11.33	3400
70	1149	0.3591	12.08	3850
100	1149	0.2557	13.22	4650
120	1149	0.2138	14.07	5100
150	1149	0.1732	15.49	5600
200	1149	0.1302	17.44	6300

Tabla N° 3.2 Características paneles de poliuretano

**Tabla 3.3.- Condiciones Pescados y Mariscos**

<b>Producto</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Humedad relativa</b>	<b>Duración</b>
<b>Peces grasos: Bonito, Sardina etc.</b>	-18 °C	94 % - 98 %	2 a 4 meses
	-25 °C	94 % - 98 %	5 a 8 meses
<b>Peces magros: Bacalao, Merluza</b>	-18 °C	94 % - 98 %	3 a 4 meses
	-25 °C	94 % - 98 %	5 a 8 meses
<b>Peces planos: Lenguado</b>	-18 °C	94 % - 98 %	4 a 6 meses
	-25 °C	94 % - 98 %	7 a 10 meses
<b>Mariscos</b>	-18 °C	94 % - 98 %	4 a 5 meses
	-25 °C	94 % - 98 %	6 a 8 meses

RECINTO	LADO (m)		AREA (m <sup>2</sup> )	RECINTO ADYACENTE	TEMPERATURAS (°C)		DIF.TEMP.(°K)	U (W / m <sup>2</sup> °K)	Q (W)	TOTAL Q(W)	q (KJ)
	A	B			EXTERIOR	INTERIOR					
TUNEL 1	6.50	3.25	21.125	Exterior	35	-30	65	0.147	201.85	<b>945.60</b>	<b>40,850</b>
	6.50	3.25	21.125	Túnel No2	5	-30	35	0.147	108.69		
	5.00	3.25	16.250	Antecámara	5	-30	35	0.147	83.61		
	5.00	3.25	16.250	Cámara de Almacenamiento	-20	-30	10	0.147	23.89		
	6.50	5.00	32.500	Exterior	35	-30	65	0.147	310.54		
	6.50	5.00	32.500	Piso	12	-30	42	0.159	217.04		
TUNEL 2	6.50	3.25	21.125	Túnel No1	5	-30	35	0.147	108.69	<b>852.44</b>	<b>36,825</b>
	6.50	3.25	21.125	Túnel No3	5	-30	35	0.147	108.69		
	5.00	3.25	16.250	Antecámara	5	-30	35	0.147	83.61		
	5.00	3.25	16.250	Cámara de Almacenamiento	-20	-30	10	0.147	23.89		
	6.50	5.00	32.500	Exterior	35	-30	65	0.147	310.54		
	6.50	5.00	32.500	Piso	12	-30	42	0.159	217.04		
TUNEL 3	6.50	3.25	21.125	Túnel No2	5	-30	35	0.147	108.69	<b>852.44</b>	<b>36,825</b>
	6.50	3.25	21.125	Túnel No4	5	-30	35	0.147	108.69		
	5.00	3.25	16.250	Antecámara	5	-30	35	0.147	83.61		
	5.00	3.25	16.250	Cámara de Almacenamiento	-20	-30	10	0.147	23.89		
	6.50	5.00	32.500	Exterior	35	-30	65	0.147	310.54		
	6.50	5.00	32.500	Piso	12	-30	42	0.159	217.04		
TUNEL 4	6.50	3.25	21.125	Túnel No3	5	-30	35	0.147	108.69	<b>852.44</b>	<b>36,825</b>
	6.50	3.25	21.125	Empaque	5	-30	35	0.147	108.69		
	5.00	3.25	16.250	Antecámara	5	-30	35	0.147	83.61		
	5.00	3.25	16.250	Cámara de Almacenamiento	-20	-30	10	0.147	23.89		
	6.50	5.00	32.500	Exterior	35	-30	65	0.147	310.54		
	6.50	5.00	32.500	Piso	12	-30	42	0.159	217.04		
CAMARA	30.00	6.50	195.00	Exterior	35	-20	55	0.182	1951.95	<b>19569.84</b>	<b>1'690,834</b>
	30.00	6.50	195.00	Exterior	35	-20	55	0.182	1951.95		
	27.00	6.50	175.50	Empaque-Túnel	5	-20	25	0.182	798.53		
	27.00	6.50	175.50	Despacho-Exterior	35	-20	55	0.182	1756.76		
	30.00	27.00	810.00	Exterior	35	-20	55	0.182	8108.10		
	30.00	27.00	810.00	Piso	12	-20	32	0.193	5002.56		

Tabla N° 4.3 Cargas por transmisión

Recinto	Proceso	m (Kgs /batch)	C <sub>1</sub> (KJ / Kg °K)	C <sub>2</sub> (KJ / Kg °K)	h <sub>fg</sub> (KJ / Kg)	T <sub>i</sub> (°C)	T <sub>c</sub> (°C)	T <sub>f</sub> (°C)	q <sub>1</sub> (KJ / batch)	q <sub>2</sub> (KJ / batch)	q <sub>3</sub> (KJ / batch)	q <sub>total</sub> (KJ / batch)
Túnel No 1	Fresco-congelado	5,000	3.76	2.13	273	20	-2.2	-18	417,360	168,270	1,365,000	1,950,630
Túnel No 2	Cocido-congelado	5,000	3.76	2.13	273	16	-2.2	-18	342,160	168,270	1,365,000	1,875,430
Túnel No 3	Secado	5,000	2.18	1.76	66.8	30	-2.2	-18	350,980	139,040	334,000	824,020
Túnel No 4	Cocido-congelado	5,000	3.76	2.13	273	16	-2.2	-18	342,160	168,270	1,365,000	1,875,430

Tabla N° 4.4 Cargas del producto en Túneles

CARGAS	TUNELES KJ / BATCH				CAMARA ALMACENAMIENTO KJ / DIA
	No 1 ( FRESCO-CONGELADO)	No 2 (COCIDO-CONGELADO)	No 3 (SECADO)	No 4 (COCIDO-CONGELADO)	
POR TRANSMISION	40,860	36,825	36,825	36,825	1,690,834
POR PRODUCTO	1,950,630	1,875,430	824,020	1,875,430	170,400
POR CAUSAS INTERNAS	251,078	251,078	251,078	251,078	2,118,211
POR AIRE INFILTRADO	no	no	no	no	260,553
POR DESCONGELAMIENTO	no	no	no	no	596,160
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>2,242,568</b>	<b>2,163,333</b>	<b>1,111,923</b>	<b>2,163,333</b>	<b>4,836,158</b>
FACTOR DE SEGURIDAD %	5	5	5	5	10
<b>TOTAL</b>	<b>2,354,696</b>	<b>2,271,500</b>	<b>1,167,519</b>	<b>2,271,500</b>	<b>5,319,774</b>
HORAS FUNCIONAMIENTO	12	12	7	12	20
POTENCIA KW	54.51	52.58	46.33	52.58	73.89

Tabla N° 4.5 Cargas totales

UNIDAD	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS ELECTRICAS				
		POTENCIA KW	AMPERAJE A	VOLTAJE V	FASES Ph	FRECUENCIA Hz
CONDENSADOR	Compresor No 1	22.80	47.80	460	3	60
	Compresor No 2	22.80	47.80	460	3	60
	Grupo 1: 2 Ventiladores - 850 RPM	2.28	6.00	460	3	60
	Grupo 2: 2 Ventiladores - 850 RPM	2.28	6.00	460	3	60
	Grupo 3: 2 Ventiladores - 850 RPM	2.28	6.00	460	3	60
EVAPORADOR	4 Ventiladores - 1,140 RPM	4.56	14.00	460	3	60
	Resistencias para descongelamiento	38.10	47.80	460	3	60
OTROS	Sistema de control	0.65	2.95	220	1	60
	Resistencias de puertas y drenajes	0.50	2.27	220	1	60

TABLA N° 4.8  
CUADRO DE CARGAS POR TUNEL

UNIDAD	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS ELECTRICAS				
		POTENCIA KW	AMPERAJE A	VOLTAJE V	FASES Ph	FRECUENCIA Hz
CONDENSADOR	Compresor	16.72	33.00	460	3	60
	2 Ventiladores - 850 RPM	2.28	6.00	460	3	60
EVAPORADOR	2 Ventilador - 1,140 RPM	2.28	7.00	460	3	60
	Resistencias para descongelamiento	25.50	32.00	460	3	60
OTROS	Sistema de control	0.45	2.05	220	1	60
	Resistencias de puertas y drenajes	0.50	2.27	220	1	60

TABLA N° 4.9  
CUADRO DE CARGAS UNIDADES CAMARA

DESCRIPCION	POTENCIA KW	AMPERAJE A	FACTOR	TOTAL A
Compresor No 1	22.80	47.80	2	95.60
Compresor No 2	22.80	47.80	1	47.80
Grupo 1: 2 Ventiladores - 850 RPM	2.28	6.00	1	6.00
Grupo 2: 2 Ventiladores - 850 RPM	2.28	6.00	1	6.00
Grupo 3: 2 Ventiladores - 850 RPM	2.28	6.00	1	6.00
4 Ventiladores - 1,140 RPM	4.56	14.00	1	14.00
Resistencias para descongelamiento	38.10	47.80	0	0.00
Sistema de control	0.65	2.95	1	2.95
Resistencias de puertas y drenajes	0.50	2.27	1	2.27
AMPERAJE TOTAL				178.35

TABLA N° 4.10  
SELECCIÓN INTERRUPTOR GENERAL PARA UNIDAD TUNEL

DESCRIPCION	POTENCIA KW	AMPERAJE A	FACTOR	TOTAL A
Compresor	16.72	33.00	2	66.00
2 Ventiladores - 850 RPM	2.28	6.00	1	6.00
2 Ventilador - 1,140 RPM	2.28	7.00	1	7.00
Resistencias para descongelamiento	25.50	32.00	0	0.00
Sistema de control	0.45	2.05	1	2.05
Resistencias de puertas y drenajes	0.50	2.27	1	2.27
AMPERAJE TOTAL				83.32

**Nota.-** Cuando trabajan los compresores las resistencias de descongelamiento se encuentran apagadas

TABLA N° 4.11  
SELECCIÓN INTERRUPTOR GENERAL PARA CADA SISTEMA DE CAMARA

DESCRIPCION	POTENCIA KW	AMPERAJE A	FACTOR	TOTAL A
Compresor No 1	22.80	47.80	1.25	59.75
Compresor No 2	22.80	47.80	1	47.80
Grupo 1: 2 Ventiladores - 850 RPM	2.28	6.00	1	6.00
Grupo 2: 2 Ventiladores - 850 RPM	2.28	6.00	1	6.00
Grupo 3: 2 Ventiladores - 850 RPM	2.28	6.00	1	6.00
4 Ventiladores - 1,140 RPM	4.56	14.00	1	14.00
Resistencias para descongelamiento	38.10	47.80	0	0.00
Sistema de control	0.65	2.95	1	2.95
Resistencias de puertas y drenajes	0.50	2.27	1	2.27
<b>AMPERAJE TOTAL</b>				<b>144.77</b>

**Nota.-** Cuando trabajan los compresores las resistencias de descongelamiento se encuentran apagadas

TABLA N° 4.12  
SELECCIÓN CABLE DE ALIMENTACION DE TABLERO DISTRIBUCION TDF A TABLERO TUNEL

DESCRIPCION	POTENCIA KW	AMPERAJE A	FACTOR	TOTAL A
Compresor	16.72	33.00	1.25	41.25
2 Ventiladores - 850 RPM	2.28	6.00	1	6.00
2 Ventilador - 1,140 RPM	2.28	7.00	1	7.00
Resistencias para descongelamiento	25.50	32.00	0	0.00
Sistema de control	0.45	2.05	1	2.05
Resistencias de puertas y drenajes	0.50	2.27	1	2.27
<b>AMPERAJE TOTAL</b>				<b>58.57</b>

**Nota.-** Cuando trabajan los compresores las resistencias de descongelamiento se encuentran apagadas

TABLA N° 4.13  
SELECCIÓN CABLE DE ALIMENTACION DE TABLERO TDF A TABLERO UNIDADES CAMARA

RECINTO	CABLES SELECCIONADOS		$\Delta V$ %	FACTOR DE CORRECCION		CAPACIDADES DE CORRIENTE			
	ALIMENTACION	TIERRA		FC AMBIENTE	FC AGRUPAMIENTO	NOMINAL	REAL	REQUERIDO	
TUNEL No 1	3 x 70 mm <sup>2</sup> THW	1 x 16 mm <sup>2</sup>	2.4	0.88	1.00	180	158.4	144.77	
TUNEL No 2	3 x 70 mm <sup>2</sup> THW	1 x 16 mm <sup>2</sup>	2.9	0.88	1.00	180	158.4	144.77	
TUNEL No 3	3 x 70 mm <sup>2</sup> THW	1 x 16 mm <sup>2</sup>	2.7	0.88	1.00	180	158.4	144.77	
TUNEL No 4	3 x 70 mm <sup>2</sup> THW	1 x 16 mm <sup>2</sup>	3.6	0.88	1.00	180	158.4	144.77	
CAMARA	SISTEMA No 1	3 x 16 mm <sup>2</sup> THW	1 x 6 mm <sup>2</sup>	2.7	0.88	1.00	75	66	58.57
	SISTEMA No 2	3 x 16 mm <sup>2</sup> THW	1 x 6 mm <sup>2</sup>	3.7	0.88	1.00	75	66	58.57
	SISTEMA No 3	3 x 16 mm <sup>2</sup> THW	1 x 6 mm <sup>2</sup>	5	0.88	1.00	75	66	58.57

Tabla N° 4.14  
CAPACIDADES DE CORRIENTE CABLES SELECCIONADOS

RECINTO		CABLES SELECCIONADOS		$\Delta V$ %	FACTOR DE CORRECCION		CAPACIDADES DE CORRIENTE		
		ALIMENTACION	TIERRA		FC AMBIENTE	FC AGRUPAMIENTO	NOMINAL	REAL	REQUERIDO
TUNEL No 1	VENTILADORES	3 x 2.5 mm <sup>2</sup> THW	1 x 10 mm <sup>2</sup>	3.2	0.88	1.00	22	19.4	14.0
	RESISTENCIA	3 x 16 mm <sup>2</sup> THW		2.8	0.88	1.00	75	66.0	47.8
TUNEL No 2	VENTILADORES	3 x 2.5 mm <sup>2</sup> THW	1 x 10 mm <sup>2</sup>	3.7	0.88	1.00	22	19.4	14.0
	RESISTENCIA	3 x 16 mm <sup>2</sup> THW		3.2	0.88	1.00	75	66.0	47.8
TUNEL No 3	VENTILADORES	3 x 4 mm <sup>2</sup> THW	1 x 10 mm <sup>2</sup>	3.3	0.88	1.00	30	26.4	14.0
	RESISTENCIA	3 x 16 mm <sup>2</sup> THW		4.5	0.88	1.00	75	66.0	47.8
TUNEL No 4	VENTILADORES	3 x 4 mm <sup>2</sup> THW	1 x 10 mm <sup>2</sup>	3.3	0.88	1.00	30	26.4	14.0
	RESISTENCIA	3 x 16 mm <sup>2</sup> THW		4.5	0.88	1.00	75	66.0	47.8
CAMARA	SISTEMA No 1	VENTILADORES	1 x 6 mm <sup>2</sup>	1.1	0.88	1.00	22	19.4	7.0
		RESISTENCIA		3 x 10 mm <sup>2</sup> THW	1.9	0.88	1.00	55	48.4
	SISTEMA No 2	VENTILADORES	1 x 6 mm <sup>2</sup>	1.2	0.88	1.00	22	19.4	7.0
		RESISTENCIA		3 x 10 mm <sup>2</sup> THW	2.2	0.88	1.00	55	48.4
	SISTEMA No 3	VENTILADORES	1 x 6 mm <sup>2</sup>	1.4	0.88	1.00	22	19.4	7.0
		RESISTENCIA		3 x 10 mm <sup>2</sup> THW	2.6	0.88	1.00	55	48.4

Tabla N° 4.15  
CAPACIDADES DE CORRIENTE CABLES SELECCIONADOS

RECINTO	LONGITUD			ACCESORIOS						LONGITUD EQUIVALENTE	
	HORIZONTAL MTS	VERTICAL MTS	TOTAL MTS	No Codos	Long. Equiv.	No TEE	Long. Equiv.	No Válvulas	Long. Equiv.	TOTAL - MTS	
TUNEL No 1	25.60	6.35	32	10	20	0	0	2	12	64	
TUNEL No 2	25.60	6.35	32	10	20	0	0	2	12	64	
TUNEL No 3	42.20	6.35	49	10	20	0	0	2	12	81	
TUNEL No 4	42.20	6.35	49	10	20	0	0	2	12	81	
CAMARA	SISTEMA No 1	6.20	7.94	14	8	10	1	3	2	7	34
	SISTEMA No 2	10.20	7.94	18	10	12	1	3	2	7	40
	SISTEMA No 3	16.40	7.94	24	10	12	1	3	2	7	46

Tabla N° 5.2 Longitudes equivalentes tuberías de succión

RECINTO	LONGITUD			ACCESORIOS										LONGITUD EQUIVALENTE	
	HORIZONTAL MTS	VERTICAL MTS	TOTAL MTS	Filtro	Long. Equiv.	VISOR	Long. Equiv.	No Codos	Long. Equiv.	No TEE	Long. Equiv.	No Válvulas	Long. Equiv.	TOTAL - MTS	
TUNEL No 1	25.60	6.35	32	1	0.7	1	0.5	10	5.5	0	0	2	4	43	
TUNEL No 2	25.60	6.35	32	1	0.7	1	0.5	10	5.5	0	0	2	4	43	
TUNEL No 3	42.20	6.35	49	1	0.7	1	0.5	10	5.5	0	0	2	4	59	
TUNEL No 4	42.20	6.35	49	1	0.7	1	0.5	10	5.5	0	0	2	4	59	
CAMARA	SISTEMA No 1	6.20	7.94	14	1	0.7	1	0.3	8	3.6	1	1.1	2	2.5	22
	SISTEMA No 2	10.20	7.94	18	1	0.7	1	0.3	10	4.5	1	1.1	2	2.5	27
	SISTEMA No 3	16.40	7.94	24	1	0.7	1	0.3	10	4.5	1	1.1	2	2.5	33

Tabla N° 5.3 Longitudes equivalentes tubería de líquido

RECINTO		Leq <sub>real</sub> MTS	Leq <sub>TABLA</sub> MTS	Cap <sub>real</sub> KW	Cap <sub>tabla</sub> KW	$\Delta T_{\text{tabla}}$ °K/m	$\Delta T_s$ °K/m
TUNEL No 1		64	30.48	54.51	107.47	0.04	0.025
TUNEL No 2		64	30.48	54.51	107.47	0.04	0.025
TUNEL No 3		81	30.48	54.51	107.47	0.04	0.031
TUNEL No 4		81	30.48	54.51	107.47	0.04	0.031
CAMARA	SISTEMA No 1	34	30.48	24.63	38.54	0.04	0.02
	SISTEMA No 2	40	30.48	24.63	38.54	0.04	0.024
	SISTEMA No 3	46	30.48	24.63	38.54	0.04	0.027

Tabla N° 5.4 Evaluación final tuberías de succión

RECINTO		Leq <sub>real</sub> MTS	Leq <sub>TABLA</sub> MTS	Cap <sub>real</sub> KW	Cap <sub>tabla</sub> KW	$\Delta T_{\text{tabla}}$ °K/m	$\Delta T_s$ °K/m
TUNEL No 1		43	30.48	54.51	92.5	0.02	0.011
TUNEL No 2		43	30.48	54.51	92.5	0.02	0.011
TUNEL No 3		59	30.48	54.51	92.5	0.02	0.015
TUNEL No 4		59	30.48	54.51	92.5	0.02	0.015
CAMARA	SISTEMA No 1	22	30.48	24.63	46.8	0.02	0.0046
	SISTEMA No 2	27	30.48	24.63	46.8	0.02	0.0056
	SISTEMA No 3	33	30.48	24.63	46.8	0.02	0.007

Tabla N° 5.5 Evaluación final tuberías de líquido

RECINTO	PUNTO DE EQUILIBRIO		PARAMETROS DEL SISTEMA			CAIDAS DE PRESION			FACTORES		CAPACIDADES	
	TE ( °C )	POT ( KW )	TL ( °C )	PE (Kpa)	PC (Kpa)	$\Delta P_i$ (Kpa)	$\Delta P_d$ (Kpa)	$\Delta P_v$ (Kpa)	F <sub>Ct</sub>	F <sub>Cp</sub>	TABLA (KW)	REAL (KW)
TUNEL 1	-35	52	34	30.65	1,362	34.05	238.5	1,058.96	1.12	0.95	47.86	50.92
TUNEL 2	-35	52	34	30.65	1,362	34.05	238.5	1,058.96	1.12	0.95	47.86	50.92
TUNEL 3	-35	52	34	30.65	1,362	34.05	238.5	1,058.96	1.12	0.95	47.86	50.92
TUNEL 4	-35	52	34	30.65	1,362	34.05	238.5	1,058.96	1.12	0.95	47.86	50.92
CAMARA EVAPORADOR 1	-24.5	26	34	95.34	1,362	34.05	238.5	994.26	1.12	0.98	24.32	26.69
CAMARA EVAPORADOR 2	-24.5	26	34	95.34	1,362	34.05	238.5	994.26	1.12	0.98	24.32	26.69
CAMARA EVAPORADOR 3	-24.5	26	34	95.34	1,362	34.05	238.5	994.26	1.12	0.98	24.32	26.69

TABLA N° 5.6 SELECCION VALVULAS DE EXPANSION

LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
TE	Temperatura de evaporación
POT	Potencia frigorífica en Toneladas de refrigeración
TL	Temperatura de líquido
PE	Presión de evaporación
PC	Presión de condensación
$\Delta P_i$	Caída de presión en la línea de líquido
$\Delta P_d$	Caída de presión en el distribuidor de líquido
$\Delta P_v$	Caída de presión alrededor de la válvula
F <sub>Ct</sub>	Factor de corrección por temperatura
F <sub>Cp</sub>	Factor de corrección por caída de presión

<b>FUNCION</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>SET POINT</b>	<b>UNIDAD</b>
SET	Ajuste de la temperatura de control	-30	°C
F01	Código de Acceso	123	
F02	Diferencial de temperatura	1	°C
F03	Ajuste del sensor de la temperatura ambiente	0	°C
F04	Mínimo Set point permitido al usuario	-40	°C
F05	Máximo Set point permitido al usuario	-20	°C
F06	Tiempo de retardo en la energización	0	Minutos
F07	Punto de alerta de la temperatura ambiente	-15	°C
F08	Tiempo de refrigeración	750	Minutos
F09	Tiempo mínimo de compresor funcionando	5	Minutos
F10	Tiempo mínimo de compresor parado	0	Minutos
F11	Situación de compresor con sensor ambiente desconectado	Funcionando	
F12	Deshielo al encendido del control	No	
F13	Temperatura en el evaporador para finalizar deshielo	10	°C
F14	Duración máxima del deshielo	30	Minutos
F15	Ventilador conectado durante deshielo	No	
F16	Tipo deshielo	Eléctrico	
F17	Indicación de temperatura bloqueada durante deshielo	No	
F18	Tiempo de drenaje (goteo de agua del deshielo)	2	Minutos
F19	Temperatura de evaporador para funcionamiento del ventilador después del drenaje	5	°C
F20	Tiempo máximo para el funcionamiento del ventilador después del drenaje	2	Minutos
F21	Ventilador encendido con compresor apagado	31	
F22	Parada del ventilador por temperatura alta	No	

Tabla N° 6.1 Configuración Túneles de Congelamiento

<b>FUNCION</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>SET POINT</b>	<b>UNIDAD</b>
SET	Ajuste de la temperatura de control	-20	°C
F01	Código de Acceso	123	
F02	Diferencial de temperatura	1	°C
F03	Ajuste del sensor de la temperatura ambiente	0	°C
F04	Mínimo Set point permitido al usuario	-30	°C
F05	Máximo Set point permitido al usuario	-10	°C
F06	Tiempo de retardo en la energización	0	Minutos
F07	Punto de alerta de la temperatura ambiente	-10	°C
F08	Tiempo de refrigeración	360	Minutos
F09	Tiempo mínimo de compresor funcionando	5	Minutos
F10	Tiempo mínimo de compresor parado	0	Minutos
F11	Situación de compresor con sensor ambiente desconectado	Funcionando	
F12	Deshielo al encendido del control	No	
F13	Temperatura en el evaporador para finalizar deshielo	10	°C
F14	Duración máxima del deshielo	30	Minutos
F15	Ventilador conectado durante deshielo	No	
F16	Tipo deshielo	Eléctrico	
F17	Indicación de temperatura bloqueada durante deshielo	No	
F18	Tiempo de drenaje (goteo de agua del deshielo)	2	Minutos
F19	Temperatura de evaporador para funcionamiento del ventilador después del drenaje	5	°C
F20	Tiempo máximo para el funcionamiento del ventilador después del drenaje	2	Minutos
F21	Ventilador encendido con compresor apagado	31	
F22	Parada del ventilador por temperatura alta	No	

Tabla N° 6.2: Configuración Cámara de Almacenamiento

TEMPERATURA DEL RECINTO	R22		R404A	
	ENCIENDE	APAGA	ENCIENDE	APAGA
10°C	476 Kpa	204 Kpa	578 Kpa	272 Kpa
4.5°C	374 kpa	170 Kpa	476 Kpa	238 Kpa
-1°C	272 Kpa	68 Kpa	340 Kpa	204 Kpa
-7°C	204 Kpa	34 Kpa	272 Kpa	136 Kpa
-12°C	136 Kpa	0 Kpa	204 Kpa	68 Kpa
-18°C	102 Kpa	0 Kpa	170 Kpa	34 Kpa
-23°C	68 Kpa	0 Kpa	102 Kpa	0 Kpa
-29°C	54 Kpa	0 Kpa	68 Kpa	0 Kpa

Tabla N° 6.3 Regulación Control de Baja Presión

REFRIGERANTE	APAGA
R22	2,346 Kpa
R404A	2,584 Kpa

Tabla N° 6.4 Regulación Control de Alta Presión

N° DE VENTILADORES		REFRIGERANTE	PRESION DE ALTA KPA PARA EL ENCENDIDO			
1 FILA	DOBLE FILA		1	2	3	4
2	4	R -22	1,462	-	-	-
		R - 404A	1,496	-	-	-
3	6	R -22	1,462	1,564	-	-
		R - 404A	1,496	1,666	-	-
4	8	R- 22	1,462	1,564	1,666	-
		R - 404A	1,496	1,666	1,802	-
5	10	R - 22:	1,462	1,530	1,598	1,666
		R - 404A	1,496	1,598	1,700	1,802

Tabla N° 6.5 Regulación Funcionamiento Ventiladores del Condensador

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	PRECIO UNITARIO US \$	PRECIO PARCIAL US \$
<b>1</b>	<b>TUNELES DE CONGELACION</b>				
1.1	UNIDAD DE CONDENSACIÓN: Marca: Krack Modelo: PLD 0601L4 Compresor: 2 x Copeland Discus 6 DT3-300E 30 HP. Refrigerante: R404A. Suministro eléctrico: 460V / 3 ph / 60 Hz Incluye: Válvula solenoide, separador de aceite, acumulador de succión, filtros de succión y líquido, visor, protector de aceite, tablero eléctrico, interruptores de baja y alta presión, contactores compresor, contactores ventiladores, contactor resistencia deshielo, protector de pérdida de fase, temporizadores.	und	04	28,369	113,476
1.2	UNIDAD EVAPORADORA Marca: Krack. Modelo: SV44E-2052. Compuesto por: Resistencias de descongelamiento, serpentín de tubos de cobre y aletas de aluminio 4 FPI. Incluye: Válvula de expansión termostática, kit descarche.	und	04	10,350	41,400
Subtotal 1 de costo equipos de refrigeración de túneles sin IGV US \$					154,876.00

Tabla N° 7.1 Costo total de los equipos de refrigeración del túneles

<b>2</b>	<b>CAMARA DE ALMACENAMIENTO</b>				
2.1	<b>UNIDAD DE CONDENSACIÓN:</b> <b>Marca: Krack</b> <b>Modelo: SLD0220L4</b> <b>Compresor: 1 x Copeland Discus 4 DT3-220E 25 HP.</b> <b>Refrigerante: R404A.</b> <b>Suministro eléctrico: 460V / 3 ph / 60 Hz</b> <b>Incluye:</b> <b>Válvula solenoide, separador de aceite, acumulador de succión, filtros de succión y líquido, visor, protector de aceite, tablero eléctrico, interruptores de baja y alta presión, contactores compresor, contactores ventiladores, contactor resistencia deshielo, protector de pérdida de fase, temporizadores.</b>	und	03	11,176	33,528
2.2	<b>UNIDAD EVAPORADORA</b> <b>Marca: Krack.</b> <b>Modelo: SV24E-834.</b> <b>Compuesto por:</b> <b>Resistencias de descongelamiento, serpentín de tubos de cobre y aletas de aluminio 4 FPI.</b> <b>Incluye:</b> <b>Válvula de expansión termostática, kit descarche.</b>	und	03	5,854	17,562
<b>Subtotal 2 de costo equipos de refrigeración de la cámara sin IGV US \$</b>					<b>51,090.00</b>

Tabla N° 7.2 Costo total de los equipos de refrigeración de la cámara

Ítem	Descripción	Unid.	Cant.	Precio Unitario US\$	Precio Parcial US\$
<b>Túneles de Congelación y cámara de almacenamiento</b>					
01	Tubería de cobre rígido tipo L 3 5/8" x 6 mts	und	33	525.0	17,325.0
02	Tubería de cobre rígido tipo L 2 5/8" x 6 mts	und	02	308.0	616.0
03	Tubería de cobre rígido tipo L 2 1/8" x 6 mts	und	15	231.0	3,465.0
04	Tubería de cobre rígido tipo L 1 5/8" x 6 mts	und	02	155.0	310.0
05	Tubería de cobre rígido tipo L 1 1/8" x 6 mts	und	33	88.0	2,904.0
06	Tubería de cobre rígido tipo L 7/8" x 6 mts.	und	15	61.0	915.0
07	Tubería de cobre flexible 1/4"	mts	30	1.5	45.0
08	Plancha de aislamiento 3/4" x 9.10m x 1.2 m	rollo	22	255.5	5,621.0
09	Mangueras aislantes varias medidas x 3/4" x 1.8 m	Lte	1	967.2	967.2
10	Codo radio largo x 90° varias medidas	Lte	1	2,224.0	2,224.0
11	Uniones y trampas soldables de cobre, varias medidas	Lte	1	1,416.5	1,416.5
12	Válvulas de bola 2 5/8"	und	04	415.0	1,660.0
13	Válvulas de bola 2 1/8"	und	03	337.4	1,012.2
14	Válvulas de bola 1 5/8"	und	04	137.0	548.0
15	Válvulas de bola 7/8"	und	03	59.8	179.4
16	Soldadura de plata al 5%	und	750	1.5	1,125.0
17	Soldadura de plata al 15%	und	50	1.8	90.0
18	Refrigerante R404A x 10.9 Kgs	und	87	155.0	13,485.0
19	Aceite polyolester (POE)	galón	10	90.0	900.0
20	Control de temperatura Full Gauge TC 900	und	05	76.7	383.5
21	Manómetros de baja y alta	und	07	8.0	112.0
22	Materiales varios: soportes, varillas, tuercas, oxígeno, acetileno, nitrógeno, otros.	Lte	1	2,463.2	2,463.2
<b>Subtotal de costo de tuberías y accesorios US \$</b>					<b>57,767.0</b>
IGV 19%					10,975.7
<b>Costo total de tuberías y accesorios US \$</b>					<b>68,742.7</b>

Tabla N° 7.4 Costo total de tuberías y accesorios

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unid.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Precio Unitario US\$</b>	<b>Precio Parcial US\$</b>
01	Panel de poliuretano de 150 mm	m <sup>2</sup>	458	60.00	27,480.00
02	Panel de poliuretano de 120 mm	m <sup>2</sup>	1,760	51.40	90,464.00
03	Plancha de poliuretano de 1.20m x 2,40m x 62.5mm	und	91	50.00	4,550.00
04	Plancha de poliuretano de 1.20m x 2,40m x 50mm	und	603	40.00	24,120.00
<b>Subtotal costo de paneles y planchas de poliuretano US \$</b>					<b>146,614.00</b>
				<b>IGV 19%</b>	<b>27,856.66</b>
<b>Costo total de paneles y planchas de poliuretano US \$</b>					<b>174,470.66</b>

**Tabla N° 7.5 Costo total de paneles y planchas**

Ítem	Descripción	Unid.	Cant.	Precio Unitario US\$	Precio Parcial US\$
<b>Túneles de Congelación y cámara de almacenamiento</b>					
01	Puertas del tipo abatir baja temperatura apertura a la derecha 1,400mm x 2,180mm x 120mm espesor de poliuretano inyectado.	und	04	1,456.40	5,825.6
02	Puertas del tipo corredera baja temperatura apertura a la derecha 1,600mm x 2,400mm x 120mm espesor de poliuretano inyectado.	und	02	1,835.50	3,671.0
03	Válvulas de alivio modelo BT ELEVAR 12 CT	und	08	151.20	1,209.6
04	Termómetros de - 40 °C a + 40 °C	und	06	37.80	226.8
05	Luminaria hermética de policarbonato	und	147	55.30	8,129.1
06	Fluorescente de 36 W	und	294	1.50	441.0
07	Barrera de vapor color negro x 5 gln.	und	20	44.00	880.0
08	Pegamento asfáltico x 5 gln.	und	25	44.00	1,100.0
09	Poliestileno, manga plástica color negro x 1.5 m	mts	660	2.20	1,452.0
10	Perfil U de caucho 120mm x 100mm x 1.5m	und	126	24.22	3,051.7
11	Poliuretano líquido componente A x 22 Kgs	Kgs	616	5.95	3,665.2
12	Poliuretano líquido componente B x 24 Kgs	Kgs	672	5.95	3,998.4
13	Juego perfil y moldura PVC color blanco x 3m	und	94	27.92	2,624.5
14	Angulo de 1 1/2" x 1 1/2" x 2.40m galv.	und	20	7.29	145.8
15	Ángulo de 3" x 1 1/2" x 2.40m galv.	und	75	10.42	781.5
16	Cortina PVC baja temperatura	m	83	3.75	311.3
17	Silicona	und	1,000	3.44	3,440.0
18	Remaches, templadores, pernos, tuercas, otros	Lote	1	3,400.00	3,400.0
<b>Subtotal costo de accesorios para túneles y cámara US \$</b>					<b>44,353.5</b>
IGV 19%					8,427.2
<b>Costo total de accesorios para túneles y cámara US \$</b>					<b>52,780.7</b>

Tabla N° 7.6 Costo de accesorios para túneles y cámara

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unid.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Precio Unitario US\$</b>	<b>Costo Parcial US\$</b>
01	Tablero de distribución TDF que incluye: 1 interruptor general de 3 x 800A regulable, 4 interruptores termomagnéticos de 3 x 200A regulable y 3 interruptores termomagnéticos 3 x 100A regulable.	und	01	2,500.0	2,500.0
02	Cable de alimentación 70mm2 THW	m	500	9.3	4,650.0
03	Cable de alimentación 16mm2 THW x 100 mts	und	05	286.8	1,434.0
04	Cable de alimentación 10mm2 THW x 100 mts	und	02	188.8	377.6
05	Cable de alimentación 4 mm2 THW x 100 mts	und	03	76.8	230.4
06	Cable de alimentación 2.5mm2 THW x 100 mts	und	04	49.4	197.6
07	Cable tierra 16 mm2	m	140	3.1	434.0
08	Cable tierra 10 mm2	m	160	2.1	336.0
09	Cable tierra 6 mm2	m	120	1.3	156.0
10	Tubería PVC SAP 2 1/2" x 3 mts	und	47	7.8	366.6
11	Tubería PVC SAP 2 " x 3 mts	und	52	6.2	322.4
12	Tubería PVC SAP 1 1/2" x 3 mts	und	38	4.3	163.4
13	Accesorios complementarios: tubería flexible, curvas, conectores, prensaestopas, cajas de pase, cintillos y otros.	Gbl	1	1,500.0	1,500.0
<b>Subtotal del costo de materiales eléctricos US \$</b>					<b>12,668.0</b>
				<b>IGV 19%</b>	<b>2,406.9</b>
<b>Costo total de materiales eléctricos US \$</b>					<b>15,074.9</b>

Tabla N° 7.7 Materiales eléctricos

Ítem	Descripción	Cant.	Und.	Costo Unitario US\$	Costo Parcial US\$
1	<b>TUNELES</b>				
1.1	MONTAJE EVAPORADORES Y CONDENSADORES: Instalación estructura de fierro, izaje de las unidades, anclajes	4	und	550.0	2,200.0
1.2	TENDIDO DE TUBERÍAS Instalación: soportes, tuberías, accesorios, aislamientos.	140	m	75.0	10,500.0
1.3	PRUEBAS Presurizado, vacío y carga de refrigerante del sistema.	4	und	75.0	300.0
1.4	INSTALACIÓN ELECTRICA Instalación de tablero, entubado, cableado fuerza y control.	1	Gbl	2,600.0	2,600.0
1.5	DRENAJE EVAPORADORES Instalación tubería y accesorios.	4	und	100.0	400.0
1.6	PUESTA EN MARCHA Y REGULACIONES	4	und	300.0	1,200.0
2	<b>CAMARA DE ALMACENAMIENTO</b>				
2.1	MONTAJE EVAPORADORES Y CONDENSADORES: Instalación estructura de fierro, izaje de las unidades, anclajes.	3	und	500.0	1,500.0
2.2	TENDIDO DE TUBERÍAS Instalación: soportes, tuberías, accesorios, aislamientos.	59	m	75.0	4,425.0
2.3	PUESTA EN MARCHA Y REGULACIONES	3	und	75.0	225.0
2.4	INSTALACIÓN ELECTRICA Entubado ,cableado fuerza y control.	1	Gbl	1,100.0	1,100.0
2.5	DRENAJE EVAPORADORES Instalación tubería de fierro, conexión a red, uniones, resistencia y aislamiento	3	und	100.0	300.0
2.6	PUESTA EN MARCHA Y REGULACIONES	3	und	300.0	900.0
Subtotal del costo de instalación y puesta en marcha del sistema US \$					25,650.0
				IGV 19%	4,873.5
<b>Costo total de instalación y puesta en marcha del sistema US \$</b>					<b>30,523.5</b>

Tabla N° 7.9 Costo de instalación y puesta en marcha del sistema

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cant.</b>	<b>Und.</b>	<b>Costo Unitario US\$</b>	<b>Costo Parcial US\$</b>
<b>1</b>	<b><u>TUNELES</u></b>				
1.1	<b>AISLAMIENTO DE PISOS</b> Colocación de la barrera de vapor, planchas de poliuretano (2 capas) y polietileno o mangas plásticas	130	m <sup>2</sup>	6.0	780.0
1.2	<b>MONTAJE DE PANELES</b> Colocación de canal U sobre zócalo perimetral, montaje de paneles de pared y techo, instalación de accesorios.	365.65	m <sup>2</sup>	8.0	2,925.2
1.3	<b>MONTAJE DE PUERTAS</b> Instalación de cubre vanos, marcos, puertas.	4	und	70.0	280.0
1.4	<b>ACCESORIOS</b> Instalación de cortinas PVC, termómetros y válvulas de alivio.	4	und	70.0	280.0
1.5	<b>ALUMBRADO</b> Instalación de luminarias, entubado y cableado.	1	Gbl	900.0	900.0
<b>2</b>	<b><u>CAMARA DE ALMACENAMIENTO</u></b>				
2.1	<b>AISLAMIENTO DE PISOS</b> Colocación de la barrera de vapor, planchas de poliuretano (2 capas) y polietileno o mangas plásticas	868	m <sup>2</sup>	6.0	5,208.0
2.2	<b>MONTAJE DE PANELES</b> Colocación de canal U sobre zócalo perimetral, montaje de paneles de pared y techo, instalación de accesorios.	1,576	m <sup>2</sup>	8.0	12,608.0
2.3	<b>MONTAJE DE PUERTAS</b> Instalación de cubre vanos, marcos, puertas.	2	und	140.0	280.0
2.4	<b>ACCESORIOS</b> Instalación de cortinas PVC, termómetros y válvulas de alivio.	1	und	140.0	140.0
2.5	<b>ALUMBRADO</b> Instalación de luminarias, entubado y cableado.	1	Gbl	1,300.0	1,300.0
<b>Subtotal del costo por el armado de túneles y cámara US \$</b>					<b>24,701.2</b>
					<b>IGV 19%</b>
					<b>4,693.2</b>
<b>Costo total por el armado de túneles y cámara US \$</b>					<b>29,394.4</b>

Tabla No 7.10 Costo del armado de túneles y cámara

**PERFORMANCE DATA Low Temperature R-404A - Total Capacity - Oversized Condenser**

HIGH CAPACITY		SATURATED SUCTION TEMPERATURE									EST. SHIP WEIGHT (LB)	DIMENSIONS PGS. 28-29	
UNIT MODEL	COMP. MODEL	-40°F	-35°F	-30°F	-25°F	-20°F	-15°F	-10°F	-5°F	0°F			
AMB. °F		MBH	MBH	MBH	MBH	MBH	MBH	MBH	MBH	MBH			
<b>PLD0441L4 4DT3-220E</b>		95	98.9	117.2	136.2	155.9	176.6	198.3	221.4	245.8	271.7	3.509	(A)
		105	85.7	103.2	121.2	139.6	158.8	178.9	200.0	222.3	245.8		
<b>PLD0541L4 6DL3-270E</b>		95	121.0	141.9	165.2	190.6	217.9	247.1	277.8	309.9	343.3	3.872	(A)
		105	106.0	126.0	148.0	171.8	197.3	224.2	252.4	281.7	311.9		
<b>PLD0601L4 6DT3-300E</b>		95	138.7	162.6	188.5	216.5	246.8	279.3	314.3	351.6	391.3	4.566	(B)
		105	121.1	143.9	168.3	194.4	222.2	251.9	283.5	317.0	352.6		

**SPECIFICATIONS**

UNIT MODEL	COMP. MODEL	208-230/3/60				460/3/60				CONNECTIONS (IN)		RECEIVER DIA. x LENGTH	CAP. (LB.) <sup>1</sup>
		COMP. RLA	COND. FLA	MIN. CIRCUIT AMPS	MIN. BREAKER SIZE	COMP. RLA	COND. FLA	MIN. CIRCUIT AMPS	MIN. BREAKER SIZE	LIQ. OD	SUCT. OD		
PLD0441L4	4DT3-220E	66.0	24.0	172.5	200	33.0	12.0	86.3	100	1-1/8	3-1/8	10-3/4 x 72	174
PLD0541L4	6DL3-270E	80.8	24.0	205.8	225	40.4	12.0	102.9	110	1-3/8	3-1/8	10-3/4 x 96	233
PLD0601L4	6DT3-300E	95.6	36.0	251.1	250	47.8	18.0	125.6	125	1-3/8	3-1/8	10-3/4 x 96	233

<sup>1</sup>Receiver capacity based on 80% full.

\*Minimum circuit amps and minimum circuit breaker sizes are based on the condensing unit only. The evaporator fan amps must be added to both values.

NOTE: May also be used with R-507. For capacity, multiply by 1.03.

Tabla N° A.1 Catálogo unidad condensadora del Túnel

STANDARD CAPACITY		SATURATED SUCTION TEMPERATURE									EST. SHIP WEIGHT (LB)	DIMENSIONS PGS. 25-27	
UNIT MODEL	COMP. MODEL	-40°F	-35°F	-30°F	-25°F	-20°F	-15°F	-10°F	-5°F	0°F			
AMB. °F		MBH	MBH	MBH	MBH	MBH	MBH	MBH	MBH	MBH			
<b>SLD0150L4 4DL3-150E</b>		95	40.9	48.3	55.6	63.2	71.1	79.4	88.4	98.1	108.7	1.639	(A)
		105	36.6	43.5	50.3	57.3	64.5	72.1	80.3	89.1	98.7		
<b>SLD0220L4 4DT3-220E</b>		95	48.6	57.5	66.8	76.4	86.3	96.8	107.8	119.5	131.7	1.890	(B)
		105	41.9	50.5	59.3	68.3	77.6	87.3	97.5	108.1	119.3		
<b>SLD0270L4 6DL3-270E</b>		95	60.0	70.4	81.9	94.4	107.9	122.2	137.2	152.9	169.1	2.055	(B)
		105	52.4	62.4	73.2	85.0	97.5	110.7	124.5	138.8	153.4		
<b>SLD0300L4 6DT3-300E</b>		95	68.0	79.6	92.2	105.8	120.3	135.8	152.4	169.9	188.3	2.170	(B)
		105	59.1	70.3	82.2	94.8	108.1	122.3	137.2	152.9	169.4		

**SPECIFICATIONS**

UNIT MODEL	COMP. MODEL	208-230/3/60				460/3/60				CONNECTIONS (IN)		RECEIVER DIA. x LENGTH	CAP. (LB.) <sup>1</sup>
		COMP. RLA	COND. FLA	MIN. CIRCUIT AMPS	MIN. BREAKER SIZE	COMP. RLA	COND. FLA	MIN. CIRCUIT AMPS	MIN. BREAKER SIZE	LIQ. OD	SUCT. OD		
SLD0150L4	4DL3-150E	52.6	6.0	71.8	110	26.3	3.0	35.9	60	7/8	2-1/8	8-5/8 x 48	75
SLD0220L4	4DT3-220E	66.0	12.0	94.5	125	33.0	6.0	47.3	60	7/8	2-1/8	8-5/8 x 48	75
SLD0270L4	6DL3-270E	80.8	12.0	113.0	150	40.4	6.0	56.5	70	1-1/8	2-5/8	8-5/8 x 50	44
SLD0300L4	6DT3-300E	95.6	12.0	131.5	175	47.8	6.0	65.8	80	1-1/8	2-5/8	8-5/8 x 50	44

<sup>1</sup>Receiver capacity based on 80% full.

\*Minimum circuit amps and minimum circuit breaker sizes are based on the condensing unit only. The evaporator fan amps must be added to both values.

NOTE: May also be used with R-507. For capacity, multiply by 1.03.

Tabla N° A.2 Catálogo unidad condensadora de la Cámara

## LOW TEMPERATURE ROOM

4 FINS PER INCH							
MODEL	CAPACITY BTUH @ 10°F TD		CFM	SHIP WEIGHT (LBS)	FAN MOTOR AMPS		
	-20°F SST	+20°F SST			230/3	460/3	575/3
SV14E-422	42,200	-	12,100	440	7.0	3.5	2.6
SV14E-550	55,000	-	11,250	495	7.0	3.5	2.6
SV24E-834	83,400	-	24,225	836	14.0	7.0	5.2
SV24E-1088	108,800	-	23,000	860	14.0	7.0	5.2
SV34E-1177	117,700	-	35,750	1,030	21.0	10.5	7.8
SV34E-1530	153,000	-	34,250	1,195	21.0	10.5	7.8
SV44E-1699	169,900	-	47,350	1,370	28.0	14.0	10.4
SV44E-2052	205,200	-	45,650	1,469	28.0	14.0	10.4

Tabla N° A.3 Catálogo Evaporadores

ELECTRIC DEFROST HEATERS – COIL AND PAN - E						
MODEL	230/3°		460/3		575/3	
	AMPS	KW	AMPS	KW	AMPS	KW
<b>1 FAN</b>						
- 384, 426, 440, 501, 556, 574	34.7	13.8	17.3	13.8	13.9	13.8
- 422, 468, 550, 611, 664						
<b>2 FAN</b>						
- 759, 842, 869, 989, 1097, 1132	1042.2	1016.8	32.0	25.5	25.6	25.5
- 834, 926, 1005, 1088, 1206, 1311	1021.9	1008.7				
<b>3 FAN</b>						
- 1070, 1186, 1225, 1177, 1304, 1418	1042.2	1016.8	37.6	29.7	29.8	29.7
- 1393, 1544, 1594, 1530, 1698, 1843	1032.5	1012.9				
<b>4 FAN</b>						
- 1465, 1523, 1754, 1699, 1883, 2047	2040.7	2016.2	47.8	38.1	38.3	38.1
- 1769, 1985, 2307, 2052, 2274, 2472	1014.3	1005.7				

Tabla N° A.4 Catálogo Evaporadores: resistencias

Diferencial de temperatura ( $\Delta T$ °C)	Espesor de aislamiento (mm)			Coeficiente Global de Transmisión de Calor (kcal/hm <sup>2</sup> °C)		
	PUR	EPS	LDR	PUR	EPS	LDR
12	30	42	56	0.5907	0.5907	0.5907
15	38	53	69	0.4836	0.4836	0.4836
20	50	70	93	0.3714	0.3714	0.3714
25	63	88	116	0.3014	0.3014	0.3014
30	75	105	139	0.2536	0.2536	0.2536
35	88	123	162	0.2189	0.2189	0.2189
40	100	140	185	0.1926	0.1926	0.1926
45	113	158	208	0.1719	0.1719	0.1719
50	125	175	231	0.1552	0.1552	0.1552
55	138	193	254	0.1415	0.1415	0.1415
60	150	210	278	0.1300	0.1300	0.1300
65	163	228	301	0.1202	0.1202	0.1202
70	175	245	324	0.1118	0.1118	0.1118
75	188	263	347	0.1045	0.1045	0.1045
80	200	280	370	0.0981	0.0981	0.0981

Tabla N° A.5 Materiales aislantes y sus eficiencias

TIPO DE VALVULA	CAPACIDAD NOMINAL tons	REFRIGERANTE																					
		404A				408A				502													
		CARGA TERMOSTATICA RECOMENDADA																					
		SC, SCP115				SZ, SZP				RC, RCP115				SZ, SZP									
		TEMPERATURA DE EVAPORADOR °C																					
5°		0°		-10°		-20°		-30°		-40°		5°		0°		-10°		-20°		-30°		-40°	
NI-F-EF-G-EG	1/8	0.14	0.14	0.15	0.15	0.13	0.11	0.19	0.19	0.20	0.21	0.19	0.16	0.14	0.14	0.15	0.15	0.14	0.11				
F-EF-G-EG	1/8	0.22	0.22	0.23	0.24	0.21	0.17	0.30	0.30	0.32	0.34	0.30	0.25	0.22	0.21	0.23	0.24	0.21	0.17				
NI-F-EF-G-EB	1/4	0.28	0.28	0.29	0.30	0.27	0.21	0.38	0.38	0.41	0.43	0.39	0.31	0.28	0.27	0.29	0.30	0.27	0.22				
NI-F-EF-G-EG	1/2	0.54	0.52	0.56	0.57	0.51	0.40	0.73	0.72	0.77	0.81	0.74	0.59	0.53	0.52	0.56	0.58	0.52	0.41				
NI-F-EF-G-EG	1	0.98	0.97	1.04	1.07	0.95	0.75	1.33	1.32	1.44	1.52	1.37	1.11	0.97	0.96	1.03	1.08	0.97	0.77				
F-EF-G-EG	1-1/2	1.47	1.43	1.47	1.43	1.27	1.00	2.00	1.96	2.05	2.03	1.83	1.49	1.45	1.42	1.47	1.44	1.29	1.03				
F&EF(Ext)-G&EG(Ext)-C(Int)-S	2	1.96	1.91	1.96	1.90	1.69	1.33	2.67	2.62	2.73	2.69	2.45	1.98	1.94	1.89	1.95	1.91	1.72	1.37				
F&EF(Ext)-C-S	3	2.75	2.67	2.72	2.50	2.11	1.66	3.74	3.66	3.79	3.55	3.05	2.47	2.72	2.65	2.72	2.53	2.15	1.71				
C&S	4	3.92	3.81	3.89	3.55	2.95	2.32	5.35	5.23	5.41	5.03	4.28	3.45	3.88	3.78	3.89	3.58	3.01	2.40				
C&S(Ext)	8	5.43	4.97	4.84	4.39	3.83	2.82	7.40	6.82	6.46	6.23	5.56	4.19	5.37	4.93	4.63	4.43	3.91	2.91				
S(Ext)	7	6.91	6.32	5.90	5.59	4.88	3.59	9.42	8.68	8.22	7.93	7.08	5.34	6.83	6.27	5.90	5.64	4.98	3.71				
S(Ext)	10	9.91	9.15	8.83	8.77	8.19	6.71	13.5	12.6	12.3	12.5	11.8	9.96	9.80	9.08	8.83	8.85	8.35	6.93				
H	1-1/2	1.48	1.38	1.37	1.43	1.25	0.94	2.01	1.89	1.92	2.03	1.81	1.40	1.46	1.37	1.37	1.44	1.27	0.97				
H	3	2.76	2.57	2.48	2.38	2.08	1.57	3.76	3.53	3.46	3.37	3.01	2.33	2.73	2.55	2.48	2.40	2.12	1.62				
H	4	3.94	3.68	3.50	3.27	2.91	2.20	5.37	5.04	4.87	4.65	4.22	3.26	3.90	3.65	3.50	3.30	2.97	2.27				
H	6-1/2	6.40	5.97	5.68	5.22	4.52	3.42	8.73	8.19	7.92	7.41	6.56	5.08	6.33	5.93	5.68	5.27	4.61	3.53				
H	8	9.36	8.73	8.31	6.98	5.19	3.92	12.8	12.0	11.5	9.91	7.52	5.83	9.26	8.66	8.30	7.04	5.29	4.05				
H	12	12.8	11.9	11.4	10.1	8.31	6.28	17.5	18.4	15.8	14.4	12.0	9.34	12.7	11.9	11.4	10.2	8.47	6.49				
M	15	15.5	15.1	15.1	13.4	12.4	9.48	21.1	20.7	21.0	19.0	18.0	14.1	15.3	15.0	15.1	13.5	12.6	9.79				
M	20	20.2	19.7	19.5	16.8	15.5	11.9	27.5	27.0	27.3	23.9	22.5	17.7	20.0	19.6	19.5	17.0	15.8	12.3				
M	25	25.2	24.8	24.4	20.5	18.2	13.9	34.3	33.7	34.0	29.1	26.4	20.7	24.9	24.4	24.4	20.7	18.6	14.4				
M	30	30.4	29.7	29.4	24.4	21.1	16.1	41.4	40.7	40.9	34.8	30.5	24.0	30.1	29.4	29.4	24.6	21.5	16.7				
VALVULAS DE EXPANSION TERMOSTATICA DE PUERTO BALANCEADO																							
BF-EBF-SBF-BQ-EBQ-SBQ	AAA	0.22	0.22	0.23	0.24	0.21	0.17	0.30	0.30	0.32	0.34	0.30	0.25	0.22	0.21	0.23	0.24	0.21	0.17				
BF-EBF-SBF-BQ-EBQ-SBQ	AA	0.44	0.43	0.46	0.46	0.39	0.31	0.60	0.59	0.64	0.65	0.56	0.45	0.44	0.43	0.46	0.46	0.40	0.32				
BF-EBF-SBF-BQ-EBQ-SBQ	A	0.98	0.97	1.04	1.07	0.95	0.75	1.33	1.32	1.44	1.52	1.37	1.11	0.97	0.96	1.03	1.08	0.97	0.77				
BF-EBF-SBF-BQ-EBQ-SBQ	B	1.81	1.76	1.80	1.65	1.38	1.08	2.47	2.42	2.70	2.34	2.00	1.61	1.79	1.75	1.80	1.66	1.40	1.12				
BF-EBF-SBF-BQ-EBQ-SBQ	C	2.75	2.67	2.72	2.50	2.11	1.66	3.74	3.66	3.79	3.55	3.06	2.47	2.72	2.65	2.72	2.53	2.15	1.71				
EBS	8	5.51	5.21	5.08	4.47	3.32	2.81	7.51	7.15	7.08	6.35	4.81	4.18	5.45	5.17	5.08	4.51	3.38	2.91				
EBS	7-1/2	7.48	7.07	6.90	5.93	4.23	3.59	10.2	9.70	9.61	8.42	6.13	5.33	7.39	7.01	6.90	5.98	4.31	3.70				
EBS	10	9.20	8.79	8.51	7.11	5.59	4.41	12.5	12.1	11.8	10.1	8.09	6.55	9.10	8.72	8.51	7.17	5.70	4.55				
EBS	13	13.1	12.6	12.3	10.0	7.98	5.84	17.9	17.3	17.0	14.3	11.6	8.12	13.0	12.5	12.2	10.1	8.14	6.03				
O	9	9.36	8.73	8.25	8.86	5.33	4.20	12.8	12.0	11.5	9.74	7.72	6.25	9.26	8.66	8.24	6.92	5.43	4.34				
O	12	12.8	11.9	11.3	9.93	8.49	6.70	17.5	16.4	15.7	14.1	12.3	10.0	12.7	11.9	11.3	10.0	8.66	6.91				
O	21	20.7	19.3	17.7	13.4	10.2	8.03	28.2	26.5	24.7	19.0	14.7	11.9	20.5	19.1	17.7	13.5	10.4	8.29				
O	30	29.6	28.8	28.2	21.1	15.2	12.0	40.4	39.5	39.2	29.9	22.1	17.9	29.3	28.6	28.1	21.2	15.5	12.4				
O	35	34.3	33.4	32.6	23.9	16.5	13.1	46.8	45.8	45.4	33.9	24.0	19.4	33.9	33.1	32.6	24.1	16.9	13.5				
O	45	44.1	42.9	41.9	29.8	19.1	15.0	60.1	58.8	58.4	42.2	27.6	22.4	43.6	42.6	41.9	30.0	19.4	15.5				
V	30	37.3	35.8	36.0	33.8	30.5	22.9	50.9	49.1	50.1	47.9	44.2	34.0	36.9	35.5	36.0	34.1	31.1	23.6				
V	50	50.1	48.0	48.3	46.4	43.5	32.6	68.3	65.9	67.3	65.8	63.0	48.5	49.5	47.7	48.3	46.8	44.3	33.7				
V	70	68.8	65.9	66.5	64.7	60.9	45.7	93.7	90.4	92.7	91.7	88.2	67.9	68.0	65.4	66.5	65.2	62.0	47.2				
TIPO DE VALVULA		ORIFICIO		VALVULAS DE EXPANSION TERMOSTATICA DE ORIFICIO INTERCAMBIABLE - TIPO Q																			
Q-SQ-EQ	8	1/8	0.20	0.19	0.20	0.20	0.17	0.14	0.27	0.26	0.28	0.29	0.25	0.20	0.19	0.19	0.20	0.21	0.18	0.14			
Q-SQ-EQ	1	1/4	0.44	0.43	0.46	0.46	0.39	0.31	0.60	0.59	0.64	0.65	0.56	0.45	0.44	0.43	0.46	0.46	0.40	0.32			
Q-SQ-EQ	2	1/2	0.64	0.63	0.67	0.65	0.51	0.40	0.87	0.88	0.94	0.92	0.74	0.59	0.63	0.62	0.67	0.65	0.52	0.41			
Q-SQ-EQ	3	1	0.98	0.95	0.97	0.88	0.73	0.58	1.34	1.31	1.35	1.25	1.06	0.86	0.97	0.95	0.97	0.89	0.75	0.60			
Q-SQ-EQ	4	1-1/2	1.57	1.53	1.55	1.46	1.27	1.00	2.14	2.09	2.17	2.07	1.83	1.49	1.55	1.51	1.55	1.47	1.29	1.03			
Q-SQ-EQ	5	2	2.06	2.00	2.04	1.93	1.69	1.33	2.81	2.75	2.84	2.73	2.45	1.98	2.04	1.99	2.04	1.94	1.72	1.37			
Q-SQ-EQ	8	3	2.75	2.67	2.72	2.50	2.11	1.66	3.74	3.66	3.79	3.55	3.05	2.47	2.72	2.65	2.72	2.53	2.15	1.71			

TEMPERATURA EVAPORADOR °C	CAIDA DE PRESION A TRAVES DE LA VET psi							CAPACIDAD REAL DE VET = CAPACIDAD TABLA x FC LIQUIDO x FC PRESION Ejemplo: La capacidad real de una válvula tipo S con 10 tons de capacidad nominal para R-404A a una temperatura de evaporador de -30°C, una temperatura de líquido de 30°C y una caída de presión a través de la válvula de 125 psi, es: 8.77 tons (de la tabla) x 1.21 (FC líquido) x 0.91 (FC presión) = 9.66 tons
	75	100	125	150	175	200	225	
5° - 0°	0.87	1.00	1.12	1.22	1.32	1.41	1.50	1.58
-10°	0.77	0.89	1.00	1.10	1.18	1.26	1.34	1.41
-20°	0.71	0.82	0.91	1.00	1.08	1.15	1.22	1.29
-30° & -40°	0.65	0.76	0.85	0.93	1.00	1.07	1.13	1.20

REFRIGERANTE	TEMPERATURA DE LIQUIDO °C								
	-20°	-10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
404A	2.19	2.00	1.81	1.62	1.42	1.21	1.00	0.78	0.55
408A	1.74	1.62	1.50	1.38	1.26	1.13	1.00	0.87	0.73
502	1.97	1.82	1.66	1.50	1.33	1.17	1.00	0.83	0.66

Tabla N° A.6 Catálogo válvula de expansión Sporlan

CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPEJOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	
							AIRE	DUCTO
mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
<b>CABLES</b>								
2,5	7	0,67	2,0	1,15	4,3	36	32	22
4	7	0,85	2,6	1,15	4,9	56	40	30
6	7	1,04	3,1	1,15	5,4	78	52	38
10	7	1,35	4,1	1,50	7,1	131	78	55
16	7	1,70	5,1	1,50	8,1	193	110	75
25	7	2,14	6,4	1,50	9,4	290	140	95
35	7	2,52	7,6	1,50	10,6	390	175	120
50	19	1,78	8,9	2,00	12,9	535	215	140
70	19	2,14	10,7	2,00	14,7	745	270	180
95	19	2,52	12,6	2,00	16,6	1005	330	215
120	37	2,03	14,2	2,40	19,0	1280	380	240
150	37	2,25	15,8	2,40	20,6	1546	440	280
185	37	2,52	17,6	2,40	22,4	1911	520	320
240	61	2,25	20,3	2,40	25,1	2464	580	360
300	61	2,52	22,7	2,80	28,3	3106	680	410
400	61	2,85	25,7	2,80	31,3	3922	805	480
500	61	3,20	28,8	2,80	34,4	4891	920	535

(\*) - NO MAS DE TRES CONDUCTORES POR DUCTO  
- TEMPERATURA AMBIENTE 30°C

Tabla N° A.7 Especificaciones conductores THW – Indeco

Calibre del Conductor AWG-MCM	DIAMETRO NOMINAL DE TUBO ( pulgadas)											
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	5"	6"
10	7	12	20	35	49	80	115	176	-	-	-	-
16	6	10	17	30	41	68	98	150	-	-	-	-
14	4	6	10	18	25	41	58	90	121	155	-	-
12	3	5	8	15	21	34	50	76	103	132	208	-
10	1	4	7	13	17	29	41	64	86	110	173	-
8	1	3	4	7	10	17	25	38	52	67	105	152
6	1	1	3	4	6	10	15	23	32	41	64	93
4	1	1	1	3	5	8	12	18	24	31	49	72
2	-	1	1	3	3	6	9	14	19	24	38	55
1/0	-	-	1	1	2	4	6	9	12	16	25	37
2/0	-	-	1	1	1	3	5	8	11	14	22	32
3/0	-	-	1	1	1	3	4	7	9	12	19	27
4/0	-	-	-	1	1	2	3	6	8	10	16	23
250	-	-	-	1	1	1	3	5	6	8	13	19
300	-	-	-	1	1	1	3	4	5	7	11	16
350	-	-	-	1	1	1	1	3	5	6	10	15
400	-	-	-	-	1	1	1	3	4	6	9	13
500	-	-	-	-	1	1	1	3	4	5	8	11
600	-	-	-	-	-	1	1	1	3	4	6	9
750	-	-	-	-	-	1	1	1	3	3	5	8
1,000	-	-	-	-	-	1	1	1	1	3	4	6

Tabla N° A.8 Número máximo de conductores dentro de un tubo conduit

# **APENDICE B**

## **FIGURAS-FOTOS**

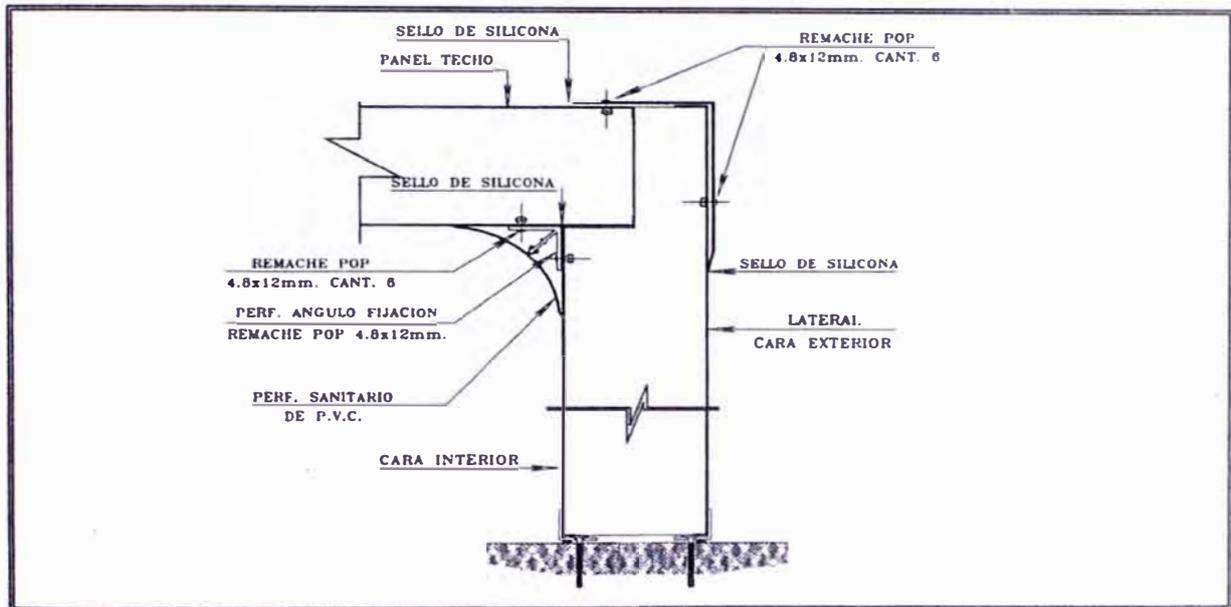


Fig.B.1 Encuentro panel techo-pared

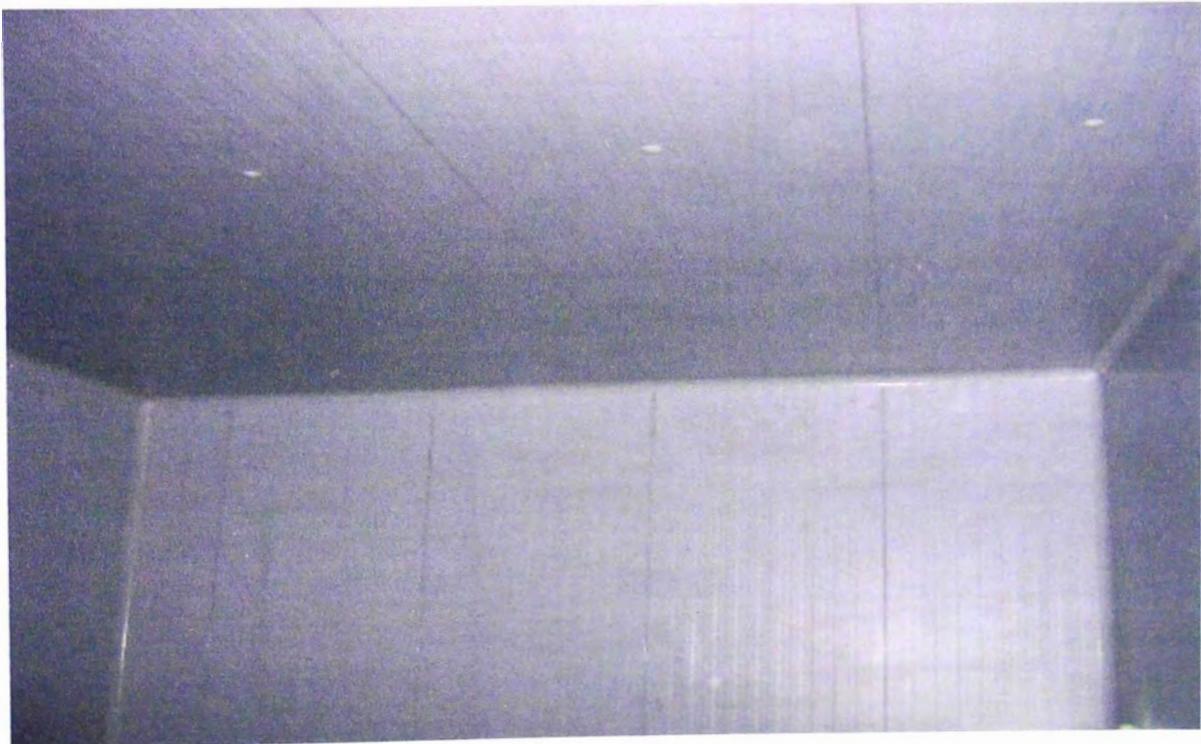


Fig.B.2 Vista interior del Túnel – perfil sanitario PVC





Fig.B.4 Montaje paneles de pared



Fig. B.5 Marco puerta de Túnel



Fig.B.6 Montaje unidades condensadoras



Fig.B.7 Montaje Evaporador

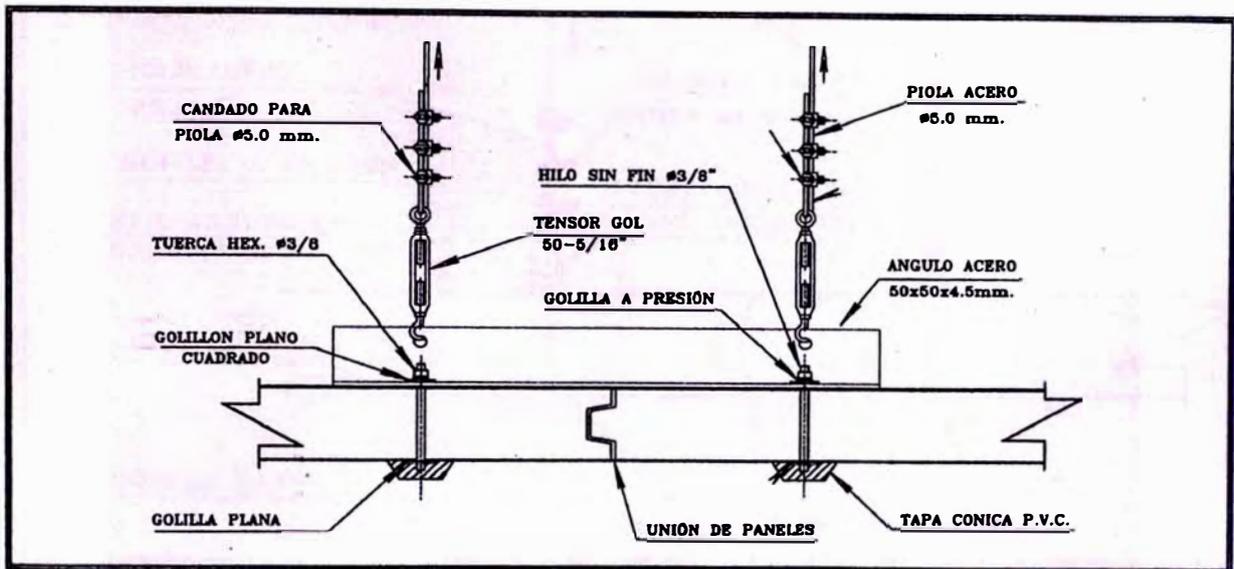


Fig.B.8 Soporte paneles de techo

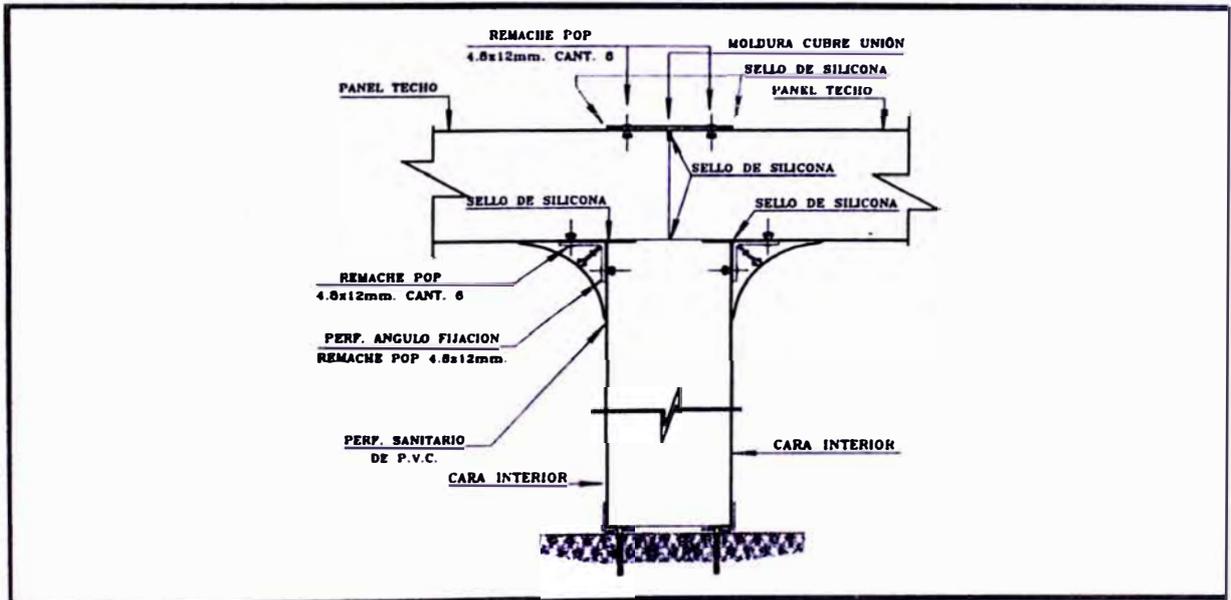
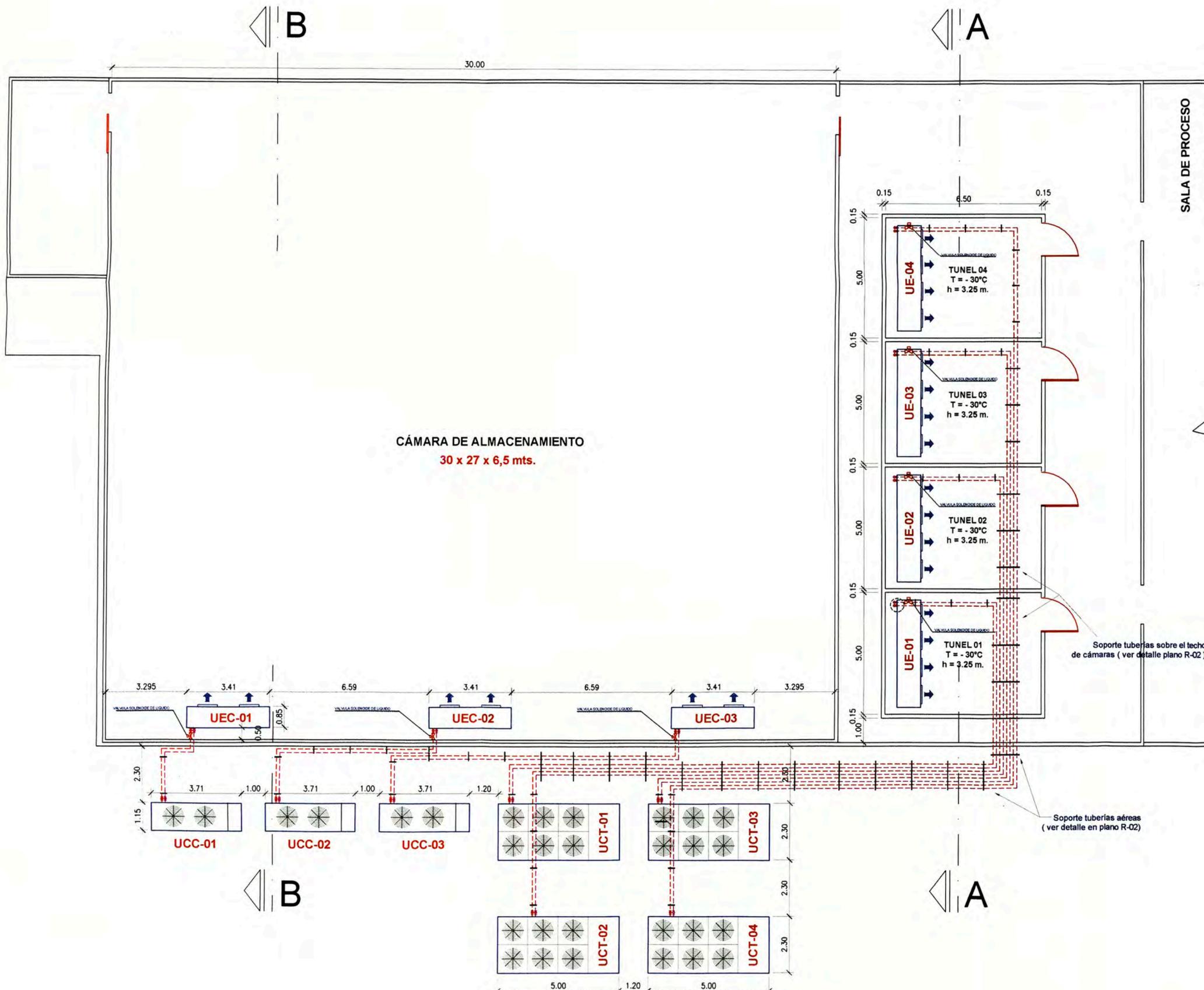


Fig.B.9 Encuentro Panel techo - medianera



Fig.B.10 Calamar gigante o Pota

# PLANOS



CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS				
CODIGO	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	CARACT. ELECTRICAS
UET-01	EVAPORADOR	KRACK	SV44E-2052	460V - 3PH - 60 Hz
UCT-01	CONDENSADOR	KRACK	PLD-0601L4	460V - 3PH - 60 Hz
UET-02	EVAPORADOR	KRACK	SV44E-2052	460V - 3PH - 60 Hz
UCT-02	CONDENSADOR	KRACK	PLD-0601L4	460V - 3PH - 60 Hz
UET-03	EVAPORADOR	KRACK	SV44E-2052	460V - 3PH - 60 Hz
UCT-03	CONDENSADOR	KRACK	PLD-0601L4	460V - 3PH - 60 Hz
UET-04	EVAPORADOR	KRACK	SV44E-2052	460V - 3PH - 60 Hz
UCT-04	CONDENSADOR	KRACK	PLD-0601L4	460V - 3PH - 60 Hz
UEC-01	EVAPORADOR	KRACK	SV24E-834	460V - 3PH - 60 Hz
UCC-01	CONDENSADOR	KRACK	SLD0220L4	460V - 3PH - 60 Hz
UEC-02	EVAPORADOR	KRACK	SV24E-834	460V - 3PH - 60 Hz
UCC-02	CONDENSADOR	KRACK	SLD0220L4	460V - 3PH - 60 Hz
UEC-03	EVAPORADOR	KRACK	SV24E-834	460V - 3PH - 60 Hz
UCC-03	CONDENSADOR	KRACK	SLD0220L4	460V - 3PH - 60 Hz

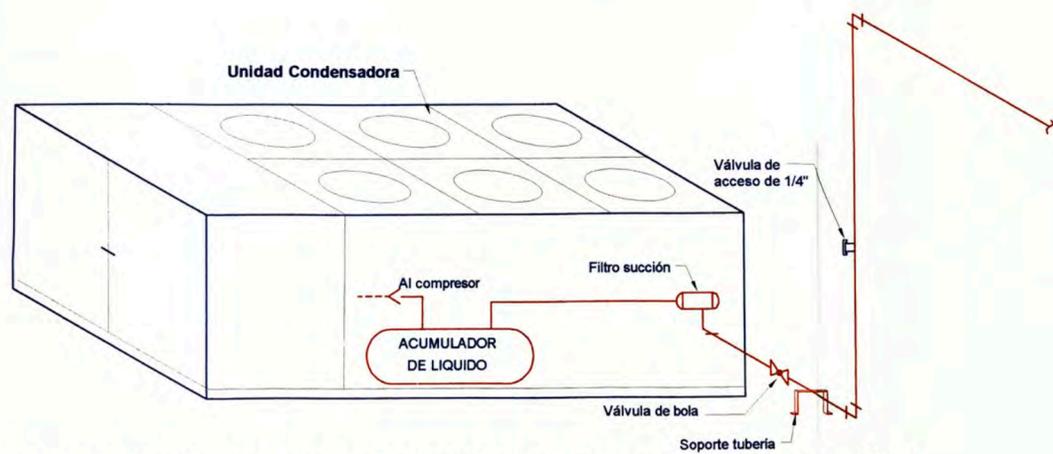
DIMENSIONES DE LA TUBERIAS			
DESCRIPCION	CODIGO	SUCCION	LIQUIDO
TUNEL 1	UT-01	92 mm.	28 mm.
TUNEL 2	UT-02	92 mm.	28 mm.
TUNEL 3	UT-03	92 mm.	28 mm.
TUNEL 4	UT-04	92 mm.	28 mm.
CAMARA	UC-01	54 mm.	18 mm.
CAMARA	UC-02	54 mm.	18 mm.
CAMARA	UC-03	54 mm.	18 mm.

VISTA DE PLANTA  
ESCALA: 1 / 125

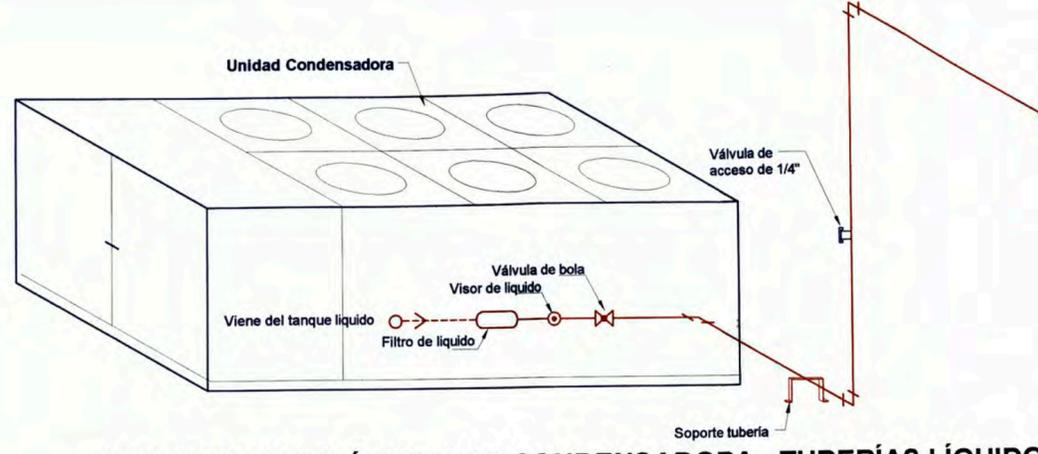
UNIVERSIDAD: **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

PLANO DE: **DISTRIBUCIÓN DE TUBERÍAS DE REFRIGERACIÓN**

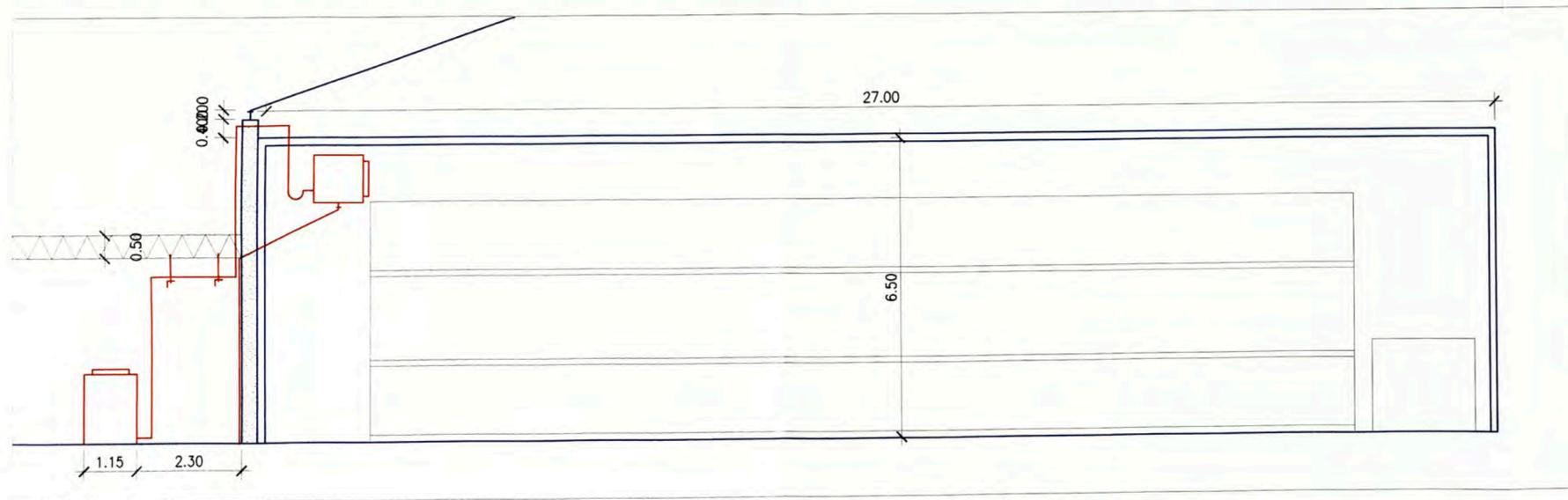
DISENADO: José Lescano	ESCALA: 1 / 125	PLANO N°:	FORMATO:
REVISADO: Ing. Jaime Ravelo	FECHA: 15 de Junio - 2008	<b>R-01</b>	<b>A2</b>
FIRMADO: Ing. Jaime Ravelo	DIBUJO CAD: José Lescano		



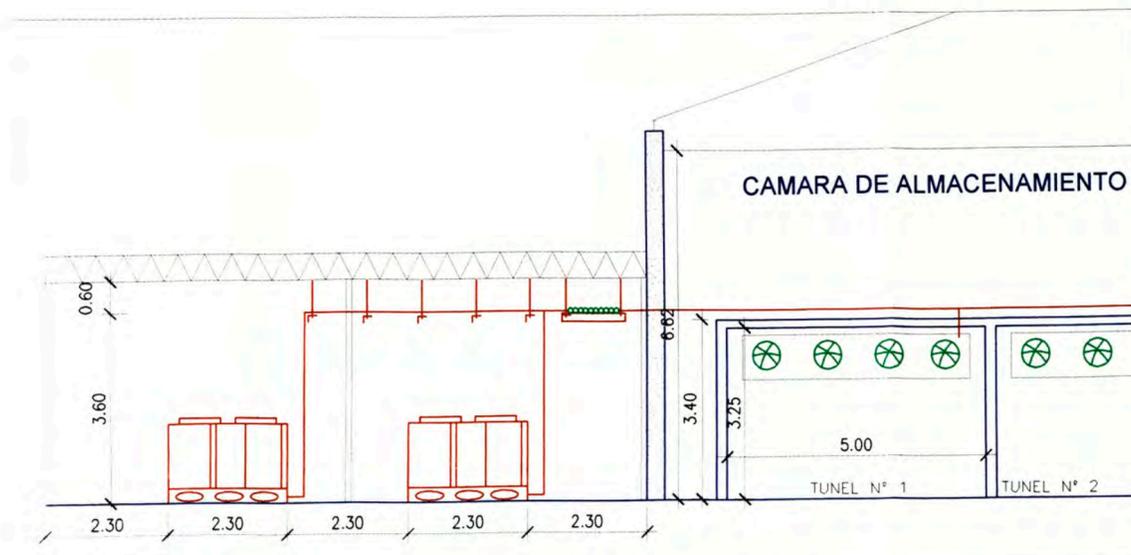
**DETALLE CONEXIÓN UNIDAD CONDENSADORA - TUBERÍAS SUCCIÓN**



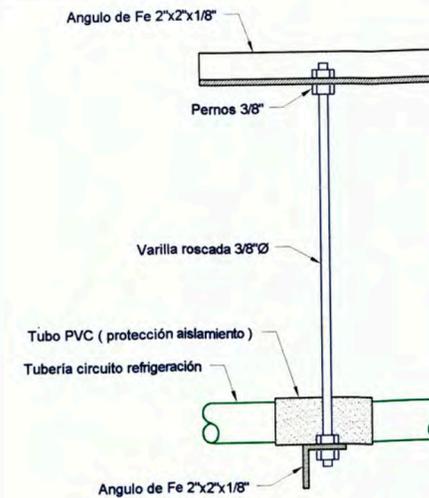
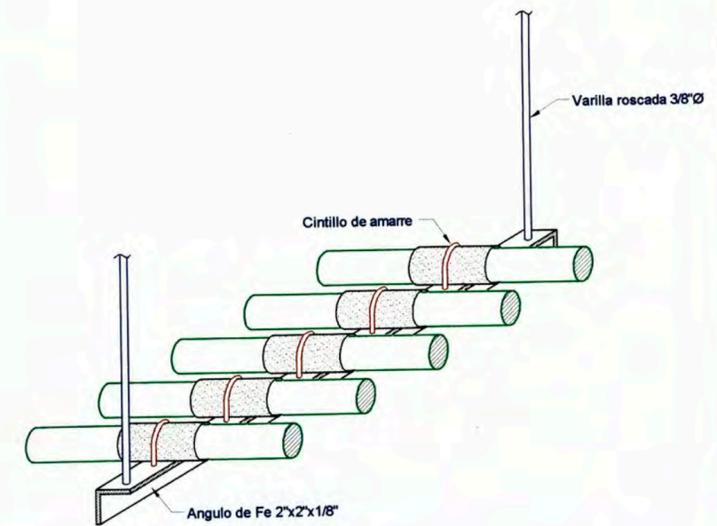
**DETALLE CONEXIÓN UNIDAD CONDENSADORA - TUBERÍAS LÍQUIDO**



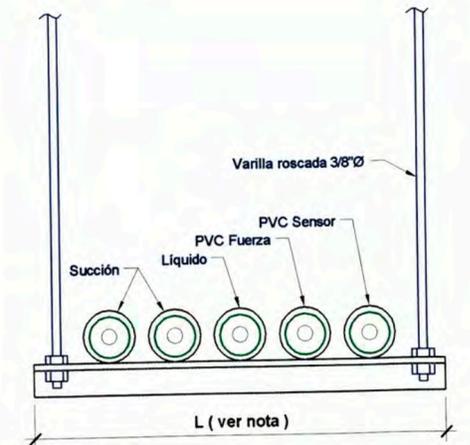
**SECCION B-B  
CAMARA DE ALMACENAMIENTO**



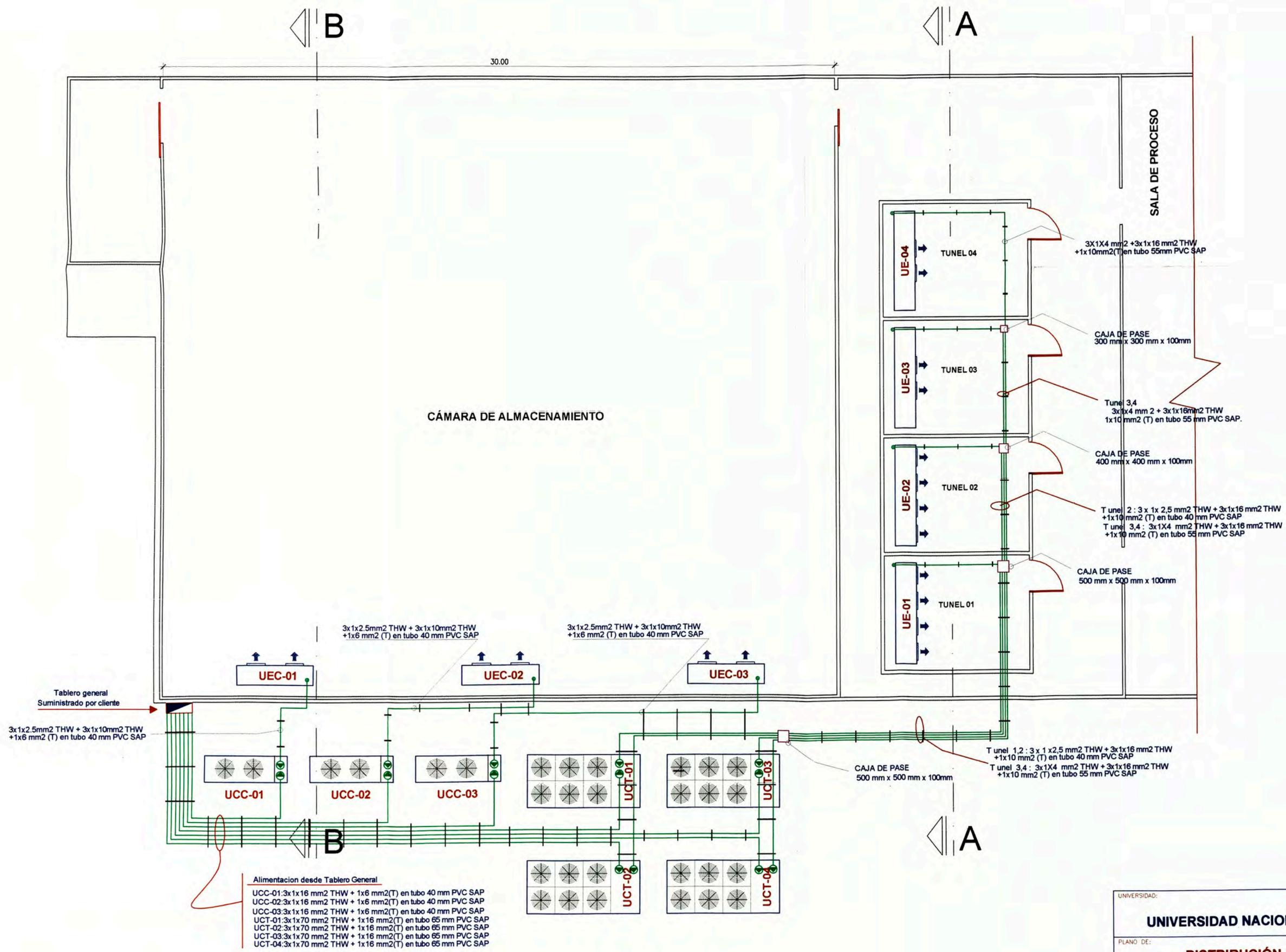
**SECCION A-A  
CAMARA DE ALMACENAMIENTO**



**DETALLE SOPORTE TUBERÍAS AERIAS**



UNIVERSIDAD:			
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b>			
PLANO DE:			
<b>CORTES Y DETALLES DE INSTALACIÓN</b>			
DISEÑADO:	ESCALA:	PLANO N°:	FORMATO:
José Lescano	S/E		
REVISADO:	FECHA:	<b>R-02</b>	<b>A2</b>
Ing. Jaime Ravelo	15 de Junio - 2008		
FIRMADO:	DIBUJADO:		
Ing. Jaime Ravelo	José Lescano		

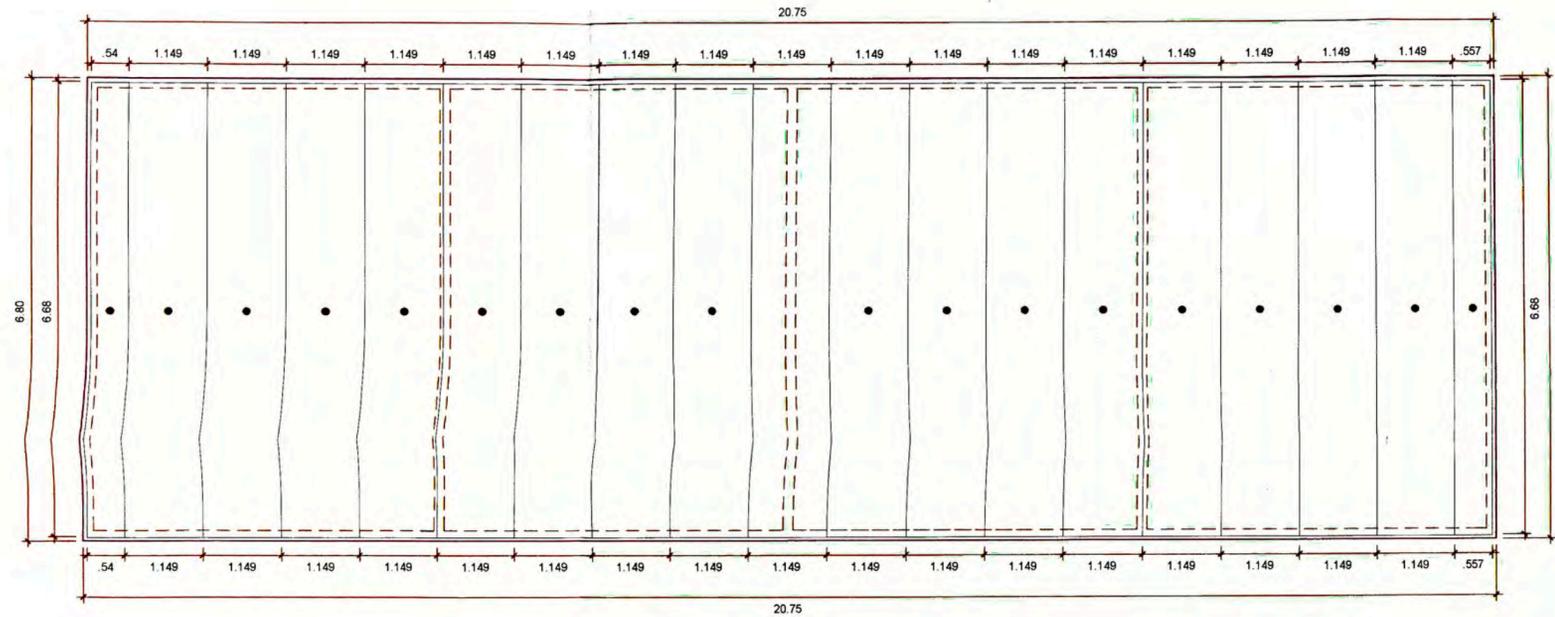


Alimentación desde Tablero General

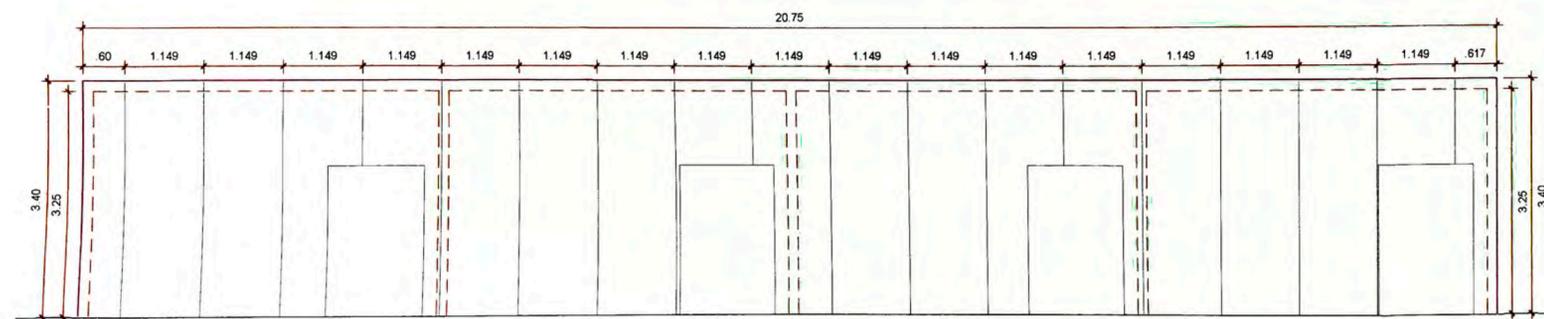
- UCC-01: 3x1x16 mm<sup>2</sup> THW + 1x6 mm<sup>2</sup>(T) en tubo 40 mm PVC SAP
- UCC-02: 3x1x16 mm<sup>2</sup> THW + 1x6 mm<sup>2</sup>(T) en tubo 40 mm PVC SAP
- UCC-03: 3x1x16 mm<sup>2</sup> THW + 1x6 mm<sup>2</sup>(T) en tubo 40 mm PVC SAP
- UCT-01: 3x1x70 mm<sup>2</sup> THW + 1x16 mm<sup>2</sup>(T) en tubo 65 mm PVC SAP
- UCT-02: 3x1x70 mm<sup>2</sup> THW + 1x16 mm<sup>2</sup>(T) en tubo 65 mm PVC SAP
- UCT-03: 3x1x70 mm<sup>2</sup> THW + 1x16 mm<sup>2</sup>(T) en tubo 65 mm PVC SAP
- UCT-04: 3x1x70 mm<sup>2</sup> THW + 1x16 mm<sup>2</sup>(T) en tubo 65 mm PVC SAP

VISTA DE PLANTA  
ESCALA: 1 / 125

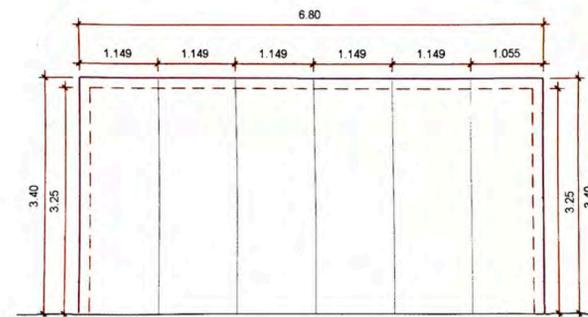
UNIVERSIDAD:			
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b>			
PLANO DE:			
<b>DISTRIBUCIÓN DE TUBERÍAS DE REFRIGERACIÓN</b>			
DISEÑADO:	José Lescano	ESCALA:	1 / 125
REVISADO:	Ing. Jaime Ravelo	FECHA:	15 de Junio - 2008
FIRMADO:	Ing. Jaime Ravelo	DIBUJO CAD:	José Lescano
			<b>IE-01</b>
			<b>A2</b>



**VISTA DE PLANTA TUNEL**

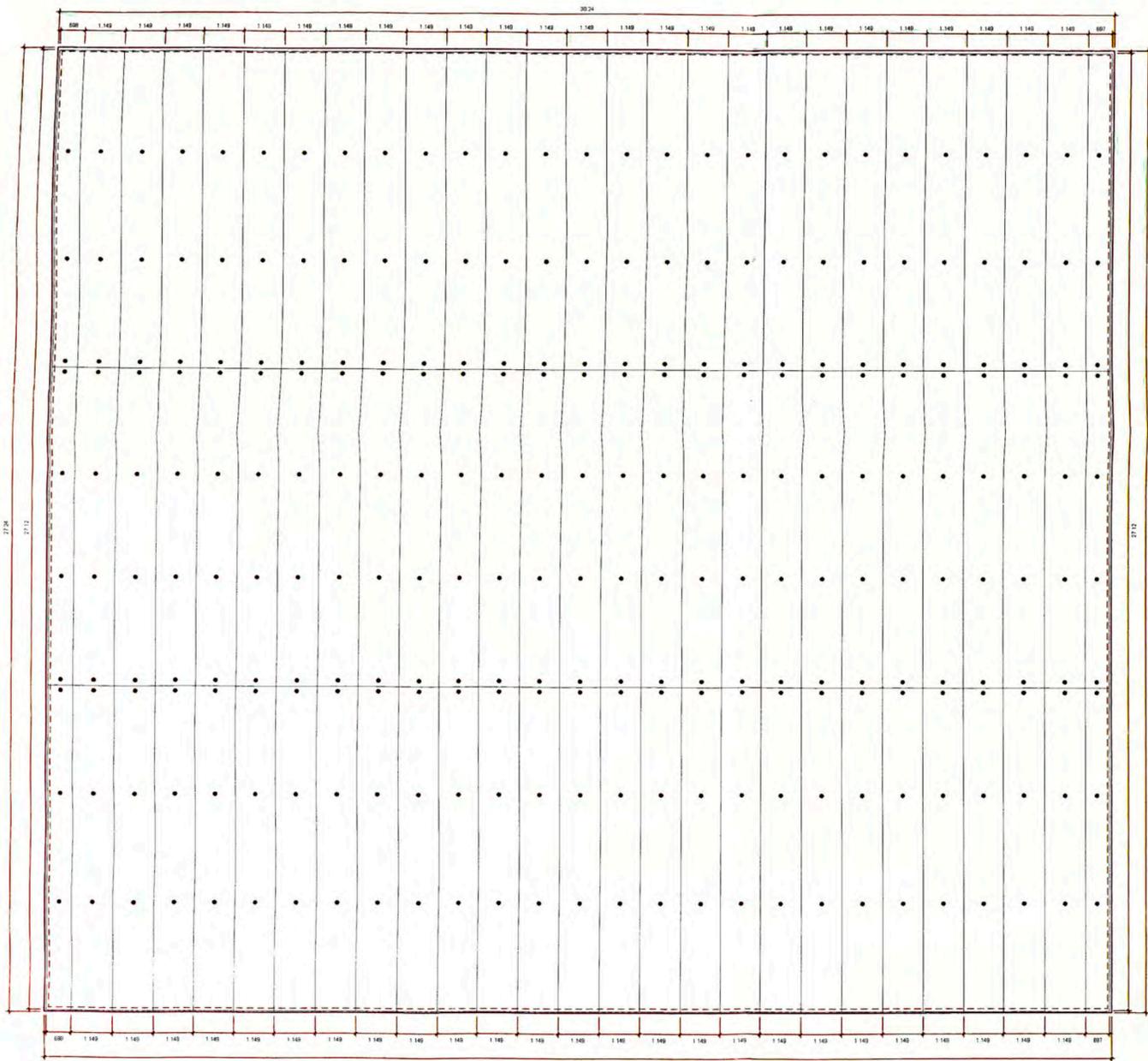


**VISTA FRONTAL TUNEL**

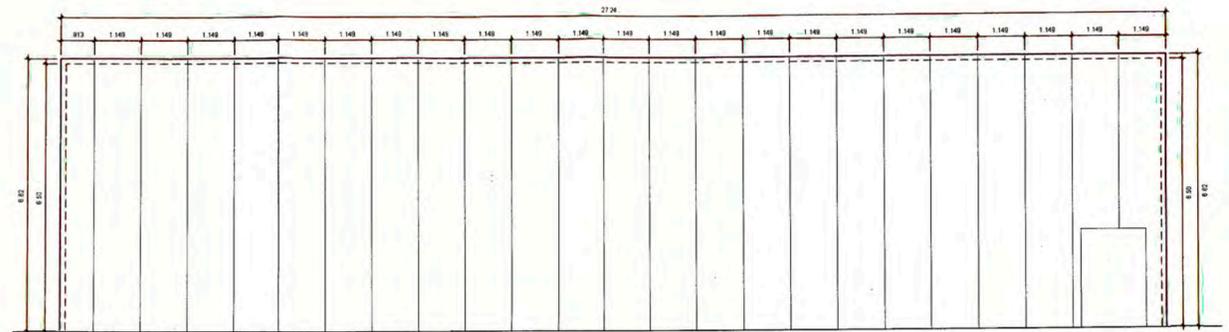


**VISTA LATERAL TUNEL**

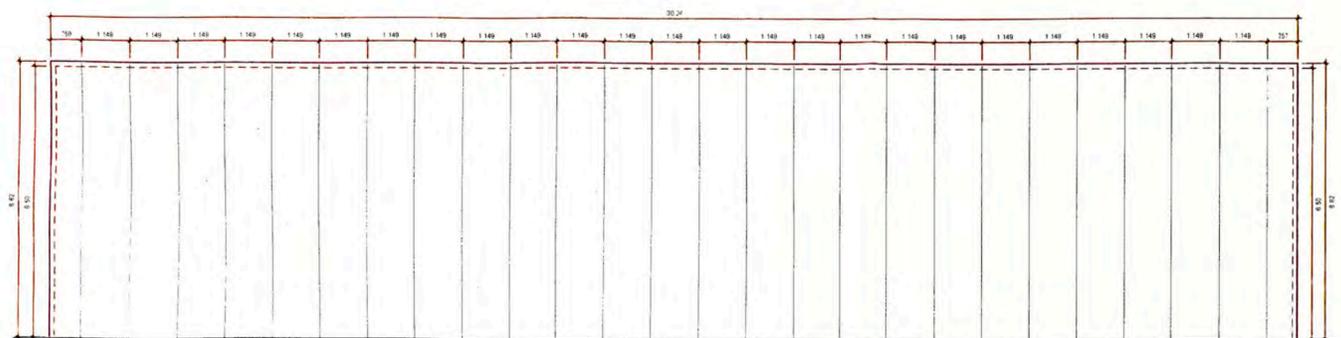
UNIVERSIDAD:			
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b>			
PLANO DE:			
<b>MODULACION PANELES DE TUNELES</b>			
DISERADO:	ESCALA:	PLANO N°:	FORMATO:
Ing. Jaime Ravelo	1/75		
REVISADO:	FECHA:	<b>CA-01</b>	<b>A2</b>
Ing. Jaime Ravelo	15 de Junio - 2008		
FIRMADO:	DIBUJO CAD:		
Ing. Jaime Ravelo	José Lescano		



VISTA DE PLANTA CAMARA



VISTA LATERAL CAMARA



VISTA FRONTAL CAMARA

UNIVERSIDAD:			
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b>			
PLANO DE:			
<b>MODULACION PANELES DE CAMARA</b>			
DISEÑADO:	ESCALA:	PLANO N°:	FORMATO:
Ing. José Lescano	1 / 125		
REVISADO:	FECHA:	<b>CA-02</b> <b>A2</b>	
Ing. Jaime Ravelo	15 de Junio - 2008		
FIRMADO:	DIBUJO CAD:		
Ing. Jaime Ravelo	José Lescano		